



SÄHKÖTEKNISET RATKAI- SUT JA KÄYTTÖÖNOTTO- TARKASTUKSET SAIRAA- LAYMPÄRISTÖSSÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Elia Soronen			
Työn nimi Sähkötekniset ratkaisut ja käyttöönottotarkastukset sairaalaympäristössä.			
Päiväys	4.2.2015	Sivumäärä/Liitteet	43/2
Ohjaaja(t) Yliopettaja Juhani Rouvali & Yliopettaja Ari Suopelto			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Are Talotekniikka Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin sairaalaympäristön sähköasennuksia ja niitä ohjaavia lakeja, määräyksiä ja standardeja. Sähköasennusten osalta sairaalat ovat haastavia kohteita. Toimitilojen ja toimenpidehuoneiden täytyy olla sähköteknisesti toimivia ja lääkintälaitteiden täytyy toimia kaikissa tilanteissa niin turvallisesti, että potilasturvallisuus ei vaarannu missään sähköteknisessä olosuhteessa.</p> <p>Teoriaosassa käytiin läpi lääkintätiloihin liittyvät määritelmät sekä käsiteltiin eri lääkintätilaluokat, perusteet kullekin lääkintätilaluokalle, lääkintätilojen sähköjärjestelmät ja niiden määräykset sekä standardit. Teoriaosassa käsiteltiin myös sairaalaympäristön suojauksia, potentiaalintasauksia ja maadoituksia. Teoriaosan viimeisessä kappaleessa käsiteltiin käyttöönottotarkastukset sairaalaympäristössä.</p> <p>Tämän opinnäytetyön työelämäyhteistyökumppanina oli Are Talotekniikka Oy ja tarkastelun kohteena oli Kuopion Yliopistollisen sairaalan sädehoitoyksikkö. Sädesairaala on rakenteilla ja valmistuu kevään aikana 2015. Teoreettisen tutkimuksen antamaa tieto- ja osaamispohjaa testattiin niissä mittauksissa, jotka tämän opinnäytetyön aiheen mukaisesti suoritettiin Kuopion sädehoitosairaalassa. Sädehoitoyksikkö sisälsi lääkintätiloja, jotka sijoittuivat lääkintätilaluokkiin G0 ja G1.</p> <p>Käyttöönottomittauksilla varmistettiin, että sähköasennukset olivat oikein tehty ja turvalliset sekä täyttivät annetut lait, määräykset ja standardit.</p> <p>Tämän tutkimuksen käyttöönottotarkastus, joka sisälsi sekä aistinvaraisen tarkastuksen, että käyttöönottomittaukset suoritettiin kahdessa lääkintätilassa niiltä osin kuin se oli mahdollista tammikuussa 2015. Tarkastuksissa kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, että kaikki sähköasennukset olivat lakien, asetusten ja standardien mukaisia. Lääkintätiloissa G1 vaaditaan lisäpotentiaalintasaus, potentiaalierojen tasaamiseksi. KYS vaatii noudattamaan lääkintätiloissa G1 samoja mittausvaatimuksia maadoitusten ja potentiaalintasausten osalta kuin G2 lääkintätiloissa. Maadoitus- ja potentiaalintasausmittaukset suoritettiin G2 lääkintätilojen mukaisesti. Mittauksissa havaittiin, että KYSin asettamia erityisvaatimuksia oli noudatettu.</p>			
Avainsanat Käyttöönottomittaus, lääkintätilojen sähköasennukset			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Elia Soronen			
Title of Thesis Electrotechnical Solutions and Introduction Inspections in a Hospital Environment			
Date	4 February 2015	Pages/Appendices	43/2
Supervisor(s) Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer & Mr. Ari Suopelto, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Are Talotekniikka Oy			
<p>Abstract</p> <p>In this thesis electrical installations in a hospital environment and laws, instructions and standards regulating them were scrutinized. Hospitals are challenging settings for electrical installations. Medication premises and operation rooms have to be electrotechnically viable and medication devices have to work so safely that patient safety is not at risk in any electrotechnical circumstances.</p> <p>In the theory section definitions related to medication premises were dealt with as well as various medication space classes, rationale for every medication space class, electrical systems of medication premises and their specifications and standards. In the theory section protection, potential equalization and earthing in the hospital environment were dealt with. In the last chapter of the theory part introduction inspections in the hospital environment were addressed.</p> <p>The cooperation partner in this thesis from working life was Are Talotekniikka Oy and the subject of the examination was the radiotherapy unit of the Kuopio University Hospital. The radiotherapy hospital is being built and will be finished during the spring 2015. The knowledge and expertise base provided by the theoretical examination was tested in the measurements which according to the topic of this thesis were carried out in the radiotherapy hospital of Kuopio. The radiotherapy unit included medical premises which represent classes G0 and G1.</p> <p>With introduction measurements it was ensured that the electrical installations were correctly executed and safe and fulfilled the existing laws, regulations and standards.</p> <p>The introduction inspection of this thesis which included both sensory inspection and introduction measurements was carried out in two medication spaces, to the extent it was possible, in January 2015. In the inspections a special attention was paid to all electrical installations conforming to laws, regulations and standards. In the medication space G1 extra potential equalization is required to even out the potential differences. Kuopio University Hospital necessitates the same measuring requirements for the earthing and potential equalization in the medication space G1 as in the medication space G2. The earthing and the potential equalization measurements were carried out according to the G2 medication space. The measurements proved that the special requirements set by Kuopio University Hospital had been met.</p>			
<p>Keywords</p> <p>The introduction of measurement, medical facilities electrical installations</p>			

ESIPUHE

Opinnäytetyön tekeminen oli minulle mielenkiintoinen ja opettavainen kokemus. Opiskelussa ei ole perehdytty kovin syvällisesti lääkintätilojen sähköasennuksiin. Opinnäytetyöni teoriaosassa koen perehtyneeni sairaalaympäristön sähkötekniisiin ratkaisuihin verrattain monipuolisesti ja syvällisesti. Vaikka käytännön osuus jäikin kohtuullisen niukaksi, oli sen antama oppi verrattoman hyvä. Oppimistani tuki opinnäytetyöni projektiluonne. Opinnäytetyö haastoi perehtymään syvällisemmin sairaalaympäristön sähkötekniisiin ratkaisuihin. Käytännössä toteutetut lääkintätilojen tarkastukset ja mitaukset oli kokemuksena mukava ja opettava.

Kiitos ohjaavalle opettajalleni yliopettaja Juhani Rouvalille, sekä Are Talotekniikka Oy:n Mika Karhuselle opinnäytetyön ohjauksesta.

Kuopiossa 4.2.2015

Elia Soronen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	LÄÄKINTÄTILOJEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	8
2.1	Sähköturvallisuuden valvonta ja standardit sähköasennuksissa	8
2.2	Lääkintätilat ja määritelmät	8
2.3	Lääkintätilojen G1 määräykset ja standardit.....	10
2.4	Lääkintätilojen G2 määräykset ja standardit.....	11
3	SUOJAUKSET JA MAADOITUKSET SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ.....	12
3.1	Suojaukset sairaalaympäristössä	12
3.1.1	Syötön automaattinen poiskytkentä.....	12
3.1.2	Vikavirtasuojaus.....	12
3.1.3	Lääkintä-IT-järjestelmä	13
3.1.4	SELV- ja PELV-järjestelmä	15
3.2	Maadoituksiin ja potentiaalintasaukseen liittyvät standardit ja asennusmääräykset sairaalaympäristössä.....	16
3.2.1	Maadoitus.....	16
3.2.2	Potentiaalintasaus	17
3.2.3	Maadoituksen mitoittaminen	19
3.2.4	TN-järjestelmä	20
3.2.5	Lääkintä-IT-järjestelmä	20
4	SÄHKÖTEKNISET KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ.....	21
4.1	Aistinvaraiset tarkastukset	21
4.2	Eristysvastusmittaus.....	23
4.2.1	Eristysvastusmittaus SELV- ja PELV-järjestelmissä	25
4.3	Suojajohtimen jatkuvuus ja potentiaalintasaus.....	27
4.4	Syötön automaattinen poiskytkentä	30
4.5	Vikavirtasuojan testaus	32
4.6	Napaisuus	33
4.7	Kiertosuunnan tarkastaminen	33
4.8	Toiminnalliset kokeet	33
4.9	Jännitteenalenema.....	34
4.10	Varmennustarkastukset.....	34

4.11 Mittauspöytäkirjat	35
5 TARKASTUKSET KYS:N SÄDEHOITOYKSIKÖSSÄ.....	36
5.1 Aistinvaraiset tarkastukset	36
5.2 Mittaukset	38
6 YHTEENVETO.....	41
LÄHTEET	43
LIITE 1: LÄÄKINTÄTILAMITTAUSPÖYTÄKIRJA	44
LIITE 2: ANTISTAATTISEN LATTIAN MITTAUS.....	45

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan sairaalaympäristön sähköasennuksia ja niitä ohjaavia lakeja, määräyksiä ja standardeja. Sairaalaympäristöä koskevien lakien, määräysten ja standardien pohjalta määritetään tarvittavat käyttöönottomittaukset. Lääkintätilojen osalta tulee noudattaa standardia SFS 6000-7-710: lääkintätilat. Sähköasennusten osalta sairaalat ovat haastavia kohteita. Toimitilojen ja toimenpidehuoneiden täytyy olla sähkötekniisesti toimivia ja lääkintälaitteiden täytyy toimia kaikissa tilanteissa niin turvallisesti, että potilasturvallisuus ei vaarannu missään sähkötekniisessä olosuhteissa.

Sähkötekniisesti lääkintätilat jaetaan kolmeen eri tilaluokkaan käyttötarkoituksensa mukaan. Ryhmät ovat G0, G1 ja G2. Ryhmän G0 tilat ovat normaaleja tiloja, joilla ei ole lääkinnällisiä erityisvaatimuksia. Ryhmän G1 tilat ovat lääkintätiloja, joissa sähkönsyötön keskeytys ei aiheuta välitöntä uhkaa potilaan terveydelle. Edellä mainituissa lääkintätiloissa käytetään normaalia TN-S- sähkönsyöttöjärjestelmää. Ryhmän G2 tilat ovat lääkintätiloja, joissa sähkönsyötön keskeytys voi aiheuttaa välittömän vaaran potilaalle. Ryhmän G2 tiloissa käytetään lääkintä-IT-järjestelmää piireissä, jotka syöttävät elintoimintoja ylläpitämään tarkoitettuja lääkintälaitteita ja lääkintälaittejärjestelmiä. Lääkintä-IT-järjestelmän erityispiirteenä on, että järjestelmässä ensimmäinen vika / oikosulku ei aiheuta käyttökatkosta. Kullekin lääkintätilaluokalle on sähköasennusten osalta omia määräyksiä ja standardeja.

Käyttöönottomittaukset ovat merkittävässä osassa sähköurakoinnissa. Käyttöönottomittauksilla varmistetaan, että sähköasennukset ovat turvallisesti ja oikein tehty sekä täyttävät annetut lait, määräykset ja standardit. Käyttöönottomittaukset tehdään lääkintätiloissa perusperiaatteeltaan SFS 6000-6 luvun 61 määräyksien mukaan. Lääkintätilojen käyttöönottotarkastuksissa on erityisvaatimuksena lääkintä-IT-järjestelmän, potentiaalintasausjärjestelmän ja turvajärjestelmän syöttöihin liittyvät tarkastukset ja mittaukset. Lääkintätilojen erityisvaatimuksia käsitellään standardissa 6000-7-710.

Tämän opinnäytetyön työelämäyhteistyökumppanina on Are Talotekniikka Oy ja tarkastelun kohteena on Kuopion Yliopistollisen sairaalan sädehoitoyksikkö. Teoreettisen tutkimuksen antamaa tietoa ja osaamis pohjaa testataan niissä mittauksissa, jotka tämän opinnäytetyön aiheen mukaisesti suoritetaan Kuopion sädehoitosairaalassa. Sädehoitoyksikkö sisältää lääkintätiloja, jotka sijoittuvat tilaluokkiin G0 ja G1.

Opinnäytetyö on perehdyttänyt tekijänsä sairaalaympäristön sähkötekniisiin järjestelmiin, niitä sääteliin lakeihin, määräyksiin ja standardeihin sekä mahdollistanut tutustumisen, havainnoimisen, testaamisen ja mittaamisen sairaalassa. Kokemus on tutkimuksen tekijälle uusi, koska aikaisemmat työkokemukset ovat talonrakennukseen ja teollisuuteen liittyvissä sähkötekniisissä järjestelmissä. Sairaalaympäristö vaatimuksineen ja potilasturvallisuuden näkökulmasta on lisännyt mielenkiintoa tutkimusta kohtaan. Perehtyminen sairaalaympäristön sähkötekniisiin järjestelmiin antaa työelämävalmiuksia olivatpa tulevan työelämän kohteet missä tahansa ympäristössä.

2 LÄÄKINTÄTILOJEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

2.1 Sähköturvallisuuden valvonta ja standardit sähköasennuksissa

Sähköturvallisuuden valvonta perustuu sähköturvallisuuslakiin ja sen perusteella annettuihin säädöksiin. Sähköalaa sitovia määräyksiä antaa Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM). Toimintaa ja toteuttamista valvoo Turvatekniikan keskus (TUKES). Turvatekniikan keskus antaa myös selventäviä hallinnollisia ohjeita ja valvoo Suomessa viranomaisena sähköalan turvallisuutta. (Sähköturvallisuus 100 vuotta.)

Suomalaiset sähköalan standardit perustuvat pääasiassa maailmanlaajuisiin IEC ja eurooppalaisiin CENELEC standardeihin. Standardien noudattaminen ei ole pakollista, mutta mikäli standardeista poiketaan, joutuu poikkeaman tekijä erikseen osoittamaan, että nämä ratkaisut täyttävät olennaiset turvallisuusvaatimukset. Standardien asema on juuri tämän vuoksi vahva. Sähköalalla keskeisiä standardeja ovat pienjännitesähköasennuksia koskeva standardisarja SFS 6000 ja suurjännitesähköasennuksia koskeva standardi SFS 6001. (Sähköala, 2014.)

Käyttöönottotarkastukset, jotka ovat tehty standardin SFS 6000-6 osan 61 mukaan, täyttää kauppa- ja teollisuusministeriön sähkölaitteistojen turvallisuudesta antaman päätöksen (KTMp 1193/1999) mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset. Erikoistiloissa, kuten lääkintä- ja räjähdysvaarallisissa tiloissa joudutaan edellä mainittujen standardinmukaisten tarkastusten lisäksi tekemään yksin kyseisiä erikoistiloja koskevissa standardeissa mainittuja lisätarkastuksia. Lääkintätilojen osalta tulee noudattaa standardia SFS 6000-7-710: lääkintätilat. Erityisvaatimuksena lääkintätiloissa on lääkintä-IT-järjestelmään, potentiaaalintasausjärjestelmään ja turvajärjestelmien syöttöihin liittyvät tarkastukset ja mittaukset. Räjähdysvaarallisten tilojen osalta noudatetaan standardia SFS-EN 60079-17: Räjähdysvaaralliset tilat. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 9; Sähköasennukset 2012, 468.)

2.2 Lääkintätilat ja määritelmät

Tässä luvussa käsitellään erilaisia sairaalan sähköasennuksiin liittyviä määritelmiä ja käsitellään lääkintätilaryhmät läpi.

Sähkökäyttöinen lääkintälaitte on laite, jossa on liitäntäosa, tai joka siirtää energiaa potilaaseen tai potilaasta tai ilmaisee tällaista energian siirtymistä. Sähkökäyttöinen lääkintälaitte on yhteydessä syöttöverkkoon vain yhdellä liitännällä. Se on valmistajan mukaan tarkoitettu käytettäväksi joko potilaan hoitoon, valvontaan tai tilan määrittämiseen tai vamman, haitan tai sairauden lievittämiseen. Valmistaja määrittelee lisävarusteet sähkökäyttöiseen lääkintälaitteeseen, jotka ovat välttämättömiä laitteen normaalikäytölle. Sähkökäyttöisestä lääkintälaitteesta käytetään myös nimitystä sähkökäyttöinen terveydenhuollon laite tai ME-laite. Paristo ja akkukäyttöinen pienisjännitelaitte ei tämän määritelmän mukaan ole sähkökäyttöinen lääkintälaitte, jos sitä ei ole kytketty sähköverkkoon. (Säisä 2013a, 2.)

Liitäntäosa on sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liitäntäosa, joka normaalikäytössä tulee fyysiseen kosketukseen potilaan kanssa sähkökäyttöisen lääkintälaitteen tai lääkintälaittejärjestelmän toiminnan takia. (Säisä 2013a, 2.)

Hoitoalue tarkoittaa aluetta, jossa saattaa tahattomasti tai tahallisesti syntyä suora yhteys potilaan ja sähkökäyttöisen lääkintälaitteen tai lääkintälaittejärjestelmän osan välille tai yhteys potilaan ja lääkintälaittejärjestelmän osaa koskevan toisen henkilön välille. Standardin uusimman painoksen mukaan kaikki mahdolliset potilaan sijainnit tulisi ottaa huomioon. Tästä syystä hoitoalueeksi valitaan yleisimmin koko huone. Kuitenkin esimerkiksi suuren huoneen kiinteässä hoitotuolissa olevan potilaan tapauksessa voidaan olla melko varmoja, että potilaan hoito tapahtuu huoneen yhdessä osassa. Kyseisen tapauksen kaltaisissa tilanteissa hoitoalueeksi ei välttämättä kannata määritellä koko huonetta. (Säisä 2013a, 2.)

Lääkintätilat ovat tiloja, joissa potilaita hoidetaan, tutkitaan tai valvotaan sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden avulla. Lääkintätiloiksi luokitellaan kaikki normaalisairaalan osastot. Poikkeuksena ovat psykiatrian hoitotilat, jotka eivät ole välttämättä lääkintätiloja, mikäli potilaalla ei ole käytössään sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita. Lääkintätilan ryhmän valinta riippuu tilan käyttötarkoituksesta. Sähköasennusten suunnittelijan täytyy aina selvittää yhdessä terveydenhuollon lääketieteellisen johdon ja teknisen henkilökunnan kanssa huonekohtaisesti lääkinnälliset toimenpiteet, joiden perusteella tilaluokitukset tehdään. (Säisä 2013a, 2-3.)

Ryhmä 0 (G0) on tila, jossa ei käytetä mitään sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia ja jossa syötön keskeytys tai vika ei voi aiheuttaa välitöntä hengenvaaraa. Esimerkiksi vuodeosastoilla tähän ryhmään kuuluu henkilökunnan sosiaalitiloja, sekä myös potilaiden WC ja suihkutilat, jos niissä ei ole tarkoitus käyttää sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita. Sairaalan käytävät ja hissiaulat kuuluvat myös tähän tilaluokkaan. (Säisä 2013a, 3.)

Ryhmä 1 (G1) on lääkintätila, jossa sähkönsyötön keskeytys ei aiheuta välitöntä uhkaa potilaan turvallisuudelle ja sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liitäntäosia käytetään ihon ulkopuolisesti tai ihon sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, ellei kyseessä ole ryhmän 2 soveltamisalue. (Säisä 2013a, 3.)

Ryhmä 2 (G2) on lääkintätila, jossa sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liitäntäosia on tarkoitus käyttää sellaisiin sovelluksiin kuin sydämenläheisiin toimintoihin tai leikkaussalikäyttöön tai tehohoitoon, joissa sähkönsyötön katkeaminen vian vuoksi voi aiheuttaa välittömän vaaran potilaalle. (Säisä 2013a, 3.)

TAULUKKO 1. Lääkintätilojen tilaluokkia (Säisä 2013a, 4.)

Lääkintätila	Ryhmä G0	Ryhmä G1	Ryhmä G2
Hierontahuone	x	x	
Yleissairaalan vuodeosaston potilashuone		x	
Yleissairaalan vuodeosaston päiväsal, ruokailuhuone	x	x	
Yleissairaalan vuodeosaston käytävä	x	x	
Psykiatrisen sairaalan potilashuone oheistiloineen	x		
Psykiatrisen sairaalan sähköshokkihuone		x	
Synnytyssali		x	x
EKG-, EEG-, EMG-huoneet		x	
Tähystyshuone		x	
Lääkärinkanslia, kun huoneessa ei tehdä tutkimuksia sähkökäyttöisillä lääkelaitteilla	x		
Tutkimus - ja toimenpidehuone		x	x
Osastokanslia (ei potilaiden hoitoon tarkoitettu)	x		
Henkilökunnan lepotaikuhuone	x		
Osastohoitajan, osastoavustajan työhuone	x		
Keskola		x	x
Synnytyksen tarkkailuhuone	(x)	x	
Urologiahuone		x	
Röntgentutkimus- ja sädehoituhuone		x	
Vesihoiduhuone		x	
Kuntoutushuone	x	x	
Anestesiahuone		x	x
Leikkaussali			x
Valmisteluhuone		x	x
Kipsaushuone	x	x	
Heräämä		x	x
Leikkaussalin heräämä			x
Sydänkatetrointiuhuone			x
Tehostetun hoidon huone			x
Angiografiahuone			x
Dialyysihuone (lääkintälaitteen liityntäosa ihon sisällä, mutta ei sydämessä)		x	
Dialyysihuone (lääkintälaitteen liityntäosa sydämessä)			x
Valvontakeskus		x	
Magneettikuvaushuone (MRI)		x	
Isotooppikuvaushuone		x	
WC-/pesuhuoneet (tilaluokka riippuu potilaan mahdollisesti käyttämästä lääkelaitteesta)	x	x	

2.3 Lääkintätilojen G1 määräykset ja standardit

Valaistus on syötettävä G1-tiloissa vähintään kahdesta erillisestä syötöstä, joista toinen on liitettävä varavoimajärjestelmään. G1-tiloissa on syötettävä vähintään yhtä valaisinta varavoimajärjestelmästä. Pistorasiat jaetaan ainakin kahteen ryhmään, joista toinen saa syöttönsä varavoimajärjestelmästä. Siivouspistorasiat sijoitetaan omaan ryhmään, jonka syöttö ei tule varavoimaverkosta. Lääkintästandardin mukaan lääkintätilojen G1 ryhmäjohtoissa on käytettävä vikavirtasuojaa, jonka mitoitusvirta on enintään 30mA. Tämä koskee kaikkia alle 32 A ryhmäjohtoja. (Sähköasennukset 2012, 451, 454; Säisä 2013a, 6,14.)

Jokaisessa ryhmän G1 tilassa on tehtävä lisäpotentiaalintasaus. Hoitoalueella lisäpotentiaalintasausjohtimet on potentiaalierojen tasaamiseksi kytkettävä potentiaalintasauskiskoon. Ryhmän G1 lääkin-
tätalassa suositellaan, että tilaan asennetaan lisäpotentiaalintasauksen liitännäpaikkoja lääkelaitteiden liittämiseen. Maadoituksista ja potentiaalintasauksesta on kirjoitettu tarkemmin luvussa 3. (Sähköasennukset 2012, 446; Säisä 2013a, 14.)

2.4 Lääkintätilojen G2 määräykset ja standardit

Ryhmän G2 tilojen jakokeskusten syöttö tulee tehdä kahdella toisistaan erotetulla syöttöjohdolla. Varavoimajärjestelmästä tulee syöttöjohto, joka syöttää normaalitilanteessa, toinen syöttö tulee normaaliverkosta jota käytetään varavoimasyötön häiriöiden ja huollon aikana. (Sähköasennukset 2012, 446.) ”Ryhmän 2 lääkintätiloja syöttävien johtojärjestelmien on oltava tarkoitettu vain kyseisen tilan laitteille ja varusteille (Sähköasennukset 2012, 450).”

Valaistus on syötettävä vähintään kahdesta erillisestä syötöstä, joista toinen on liitettävä varavoimajärjestelmään. Ryhmän G2 tiloissa vähintään puolet valaistuksesta on liitettävä varavoimajärjestelmään. Leikkaussaleissa asennetaan kaikki yleisvalaistus turvasyöttöjärjestelmään. Toimenpide- ja leikkausvalaisimille tulee olla enintään 0,5 s toiminta-ajalla toimiva syöttö, samoin kriittisille, elämää ylläpitävien laitteiden syötöille. Akkuvarmennetuille sähkölaitteille riittää varavoimalähde, joka tuottaa lääkintälaitteen tarvitseman sähköenergian alle 15 sekunnissa. (Sähköasennukset 2012, 451, 454; Säisä 2013a, 15.)

Ryhmän G2 lääkintätilojen piireissä, jotka syöttävät elintoimintoja ylläpitämään tarkoitettuja lääkintälaitteita ja lääkintälaittejärjestelmiä, kirurgiseen käyttöön tarkoitettuja laitteita ja muita hoitoalueella olevia laitteita, on käytettävä lääkintä-IT-järjestelmää. Lääkintä-IT-järjestelmästä on kerrottu tarkemmin luvussa 3. Ryhmän G2 lääkintätilassa lääkintä-IT-järjestelmää ei tarvitse käyttää alla lueteltujen ryhmien suojaamiseen. Näitä ryhmiä ovat:

- kiinteiden leikkauspöytien liikuttamiseen tarvittavien piirien syöttö
- röntgenlaitteiden syöttö
- mitoitusteholtaan yli 5 kVA laitteiden syöttö
- ei kriittisten laitteiden syöttö. (Sähköasennukset 2012, 444–445.)

Näiden ryhmien suojaamiseen riittää mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla toteutettu syötön automaattinen poiskytkentä. (Sähköasennukset 2012, 444–445.)

Jokaisessa ryhmän G2 tilassa on tehtävä lisäpotentialintasaus, ja lisäpotentialintasausjohtimet on potentialierojen tasaamiseksi kytkettävä potentialintasauskiskoon. Ryhmän G2 tiloihin asennetaan lisäksi potentialintasauspistorasioita sopiva määrä. Määrän ja tarpeellisuuden päättää lääkintätilan vastuullinen johto. Ryhmän 2 lääkintätilassa pitää olla tarpeeksi lisäpotentialintasauksen liitäntäpaikkoja lääkintälaitteiden liittämiseen. Luvussa 3 käsitellään lisäpotentialintasauasta tarkemmin. (Sähköasennukset 2012, 446; Säisä 2013b, 18.)

3 SUOJAUKSET JA MAADOITUKSET SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ

3.1 Suojaukset sairaalaympäristössä

Lääkintätilojen sähköasennuksille on erityisvaatimuksia, joita käsitellään standardissa SFS 6000-7 luvussa 710. Vaatimusten tarkoituksena on varmistaa potilaiden ja henkilökunnan turvallisuus. Nämä erityisvaatimukset koskevat pääasiassa sairaaloita, terveysasemia, yksityisiä klinikoita ja työpaikkojen ainoastaan terveydenhuoltoon tarkoitettuja tiloja. (Sähköasennukset 2012, 439.)

Standardin mukaan perusperiaate sähköiskulta suojaamisessa on, että vaaralliset jännitteiset osat eivät saa olla kosketeltavissa. Kosketeltavat johtavat osat eivät saa tulla vaarallisesti jännitteisiksi normaaliolosuhteissa eivätkä yhden vian olosuhteissa. (Sähköasennukset 2012, 89.)

Standardi SFS 6000-4-41 käsittelee ihmisten ja kotieläinten sähköiskulta suojaamista koskevat vaatimukset. Vaatimukset koskevat perussuojausta ja vikasuojausta. Tässä osassa käsitellään myös näiden vaatimusten soveltamista ja yhteensovittamista ulkoisten olosuhteiden mukaan. (Sähköasennukset 2012, 89.)

Sähköasennuksen jokaisessa osassa on noudatettava yhtä tai useampaa suojausmenetelmää ja lisäksi pitää ottaa huomioon ulkoiset olosuhteet. Yleensä käytetään seuraavia suojausmenetelmiä:

- syötön automaattinen poiskytkentä
- kaksoiseristys tai vahvistettu eristys
- sähköinen erotus syöttämään yhtä kulutuslaitetta
- pienoisyjännite (SELV ja PELV). (Sähköasennukset 2012, 90.)

3.1.1 Syötön automaattinen poiskytkentä

Sähköasennuksissa yleisimmin käytetty suojausmenetelmä on syötön automaattinen poiskytkentä. Perussuojaus on toteutettu jännitteisten osien peruseristyksellä tai suojauksilla tai koteloinnilla. Vikasuojauks on toteutettu suojaavalla potentiaalintasauksella ja syötön automaattisella poiskytkennällä. (Sähköasennukset 2012, 91.)

Kun äärijohtimen ja jännitteelle alttiin osan välillä sattuu mitättömän pieni impedanssinen vika, suojalaitteen on automaattisesti katkaistava syöttö piirin tai laitteen äärijohtimista vaaditussa ajassa. TN-järjestelmässä poiskytkentäaika saa olla korkeintaan 0.4 sekuntia ryhmäjohtotasolla ja pääjohtodoilla 5 sekuntia. (Sähköasennukset 2012, 92.)

3.1.2 Vikavirtasuojauks

Vaihtojännitejärjestelmissä mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojan käyttöä pidetään lisäsuojauksena, joka toimii perussuojauksen ja/tai vikasuojauksen vioissa, tai kun käyttäjä on varo-

maton. Vikavirtasuojan käyttöä ei hyväksytä yksinomaisten suojausmenetelmänä, eikä se poista tarvetta käyttää esimerkiksi syötön automaattista poiskytkentää. (Sähköasennukset 2012, 106.)

Vaihtojännitejärjestelmissä pitää käyttää lisäsuojana mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojaa

- suojamaan mitoitusvirraltaan enintään 20 A tavanomaisia maallikoiden käyttämiä pistorasioita
- suojaamaan ulkona käytettävää mitoitusvirraltaan enintään 32 A pistorasiaa tai siirrettävää laitetta. (Sähköasennukset 2012, 93.)

Lisäsuojauksella on tarkoitus parantaa suojausta sähköiskulta silloin, kun pistorasiaan liitettyyn sähkölaitteeseen tulee vika käytön aikana tai kun viallinen laite kytketään pistorasiaan. Vikavirtasuojasta käytetään pistorasioissa, joihin maallikko voi kytkeä minkä tahansa laitteen. (Sähköasennukset 2012, 114.)

Poikkeuksena lisäsuojauksen perusvaatimukseen voidaan tehdä erityisen määrätyn laitteen liittämiseen tarkoitettulle pistorasialle. Lisäsuojaus voidaan jättää pois pistorasioista, jotka syöttävät erityisiä määrättyjä laitteita, jonka syötön katkeamisesta voi aiheutua suurta haittaa. Esimerkiksi sairaaloissa ei suositella vikavirtasuojan käyttöä syötettäessä sairaalassa sijaitsevia lääkekaappeja, verikaappeja ja näyttöidenottokaappeja. Lisäksi vikavirtasuojakytkin voidaan jättää pois tietyistä pistotulpalla liitettävistä, kiinteiden koneiden ja valaisinten syötöistä, kuten sähkökäyttöiset vesihanat, koneovet, palo-ovien laukaisukeskukset, lääkeautomaatit sekä laboratoriolaitteet. Hoitoalueella ja sen läheisyydessä myös sähköhanojen ja kylmälaitteiden yksiosaiset pistorasiat suojataan vikavirtasuojakytkimillä. (Sähköasennukset 2012, 114–115; Säisä 2013b, 13.)

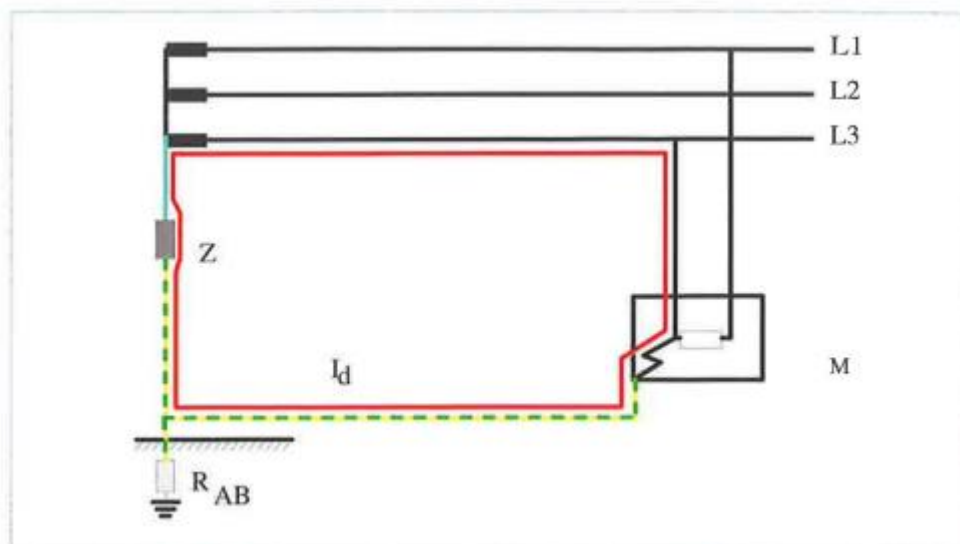
Laitteet, joiden normaalissa toiminnassa syntyy suuria vuotovirtoja, sovitaan tapauskohtaisesti. Tällaisten laitteiden liittämiseen tarkoitettuja pistorasioita pitää sijoittaa niin, että siihen ei ole normaalisti mahdollista liittää mitään tahansa laitetta, eikä varsinkaan potilaiden hoitoon liittyviä laitteita. Kun pistorasian käyttötarkoitus ei ole selkeästi havaittavissa, pitää käyttää opaskilpeä. Lisäksi huoneessa on oltava vikavirtasuojalla varustettuja pistorasioita. (Sähköasennukset 2012, 114–115; Säisä 2013b, 13.)

Ryhmäjohdoissa, jotka on suojattu mitoitusvirraltaan enintään 30mA vikavirtasuojalla, on kiinnitettävä huomiota vikavirtasuojalla syötettyjen pistorasioiden kokonaislukumäärään ja huolehdittava, että samaan virtapiiriin ei tule liian monta sähkölaitetta, joiden vuotovirrat voisivat aiheuttaa vikavirtasuojan tahattoman laukaisun. Lääkintätilan pistorasioissa suositellaan, että jokainen ryhmäjohto suojataan omalla vikavirtasuojalla. (Sähköasennukset 2012, 444,451.)

3.1.3 Lääkintä-IT-järjestelmä

Lääkintä-IT-järjestelmä kytketään TN-S-järjestelmään muuntajan avulla, koska IT-järjestelmä on maasta erotettu verkko. Lääkintä-IT-järjestelmän tähtipistettä tai mitään muutakaan virtapiiriin osaa

ei ole kytketty suoraan maahan. Sähkölaitteistojen ja sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat on kytketty joko erilliseen maadoituselektrodiin tai suojajohtimen välityksellä yhteiseen elektrodiin. Vaikka lääkintä-IT-järjestelmä on maasta erotettu, toteutetaan maasulkuvalvonta tavallisesti järjestelmän keskipisteen ja maan välille kytkettävän vastuksen avulla. Sairaaloiden leikkausaleissa vastuksen on oltava lääkintätilastandardin mukaisesti vähintään 100 k Ω . (Nurmi 2012, 5; Tiainen 2012, 66,68.)



KUVA 1. IT-järjestelmä, jossa maasulkuvalvonta on toteutettu järjestelmän keskipisteen ja maan välille kytketyn vastuksen avulla (Tiainen 2012, 107.)

Lääkintä-IT-järjestelmän suurimpana etuna on, että ensimmäinen vika ei aiheuta käyttökatkosta. Kun lääkintä-IT-järjestelmässä tähtipistettä ei ole kytketty suoraan maahan, jää järjestelmässä ensimmäisen vian virta hyvin pieneksi, eikä vian sattuessa vaadita syötön automaattista poiskytkentää. Vika täytyy kuitenkin ilmaista. Lääkintä-IT-verkkoa käytetään tiloissa, joissa halutaan suurta käyttövarmuutta sähköverkolta kuten leikkausaleissa. Kun lääkintä IT-järjestelmässä tapahtuu ensimmäisen vian jälkeen toinen vika, joka voi olla samassa tai myös toisessa virtapiirissä, syötön automaattisen poiskytkennän vaatimukset pitää toteutua kuten TN-järjestelmässä. (Nurmi 2012, 5; Sähköasennukset 2012, 445.)

Lääkintä IT-järjestelmässä tärkein ominaisuus on syötön jatkuvuuden turvaaminen. Laukaisevaa ylikuormitusuojaa ei saa käyttää. Muuntajan syöttö varustetaan kuitenkin laukaisevalla oikosulkusuojauksella, esimerkiksi sulakkeilla. Mitoitettaessa sulaketta muuntajan syöttöön, on otettava huomioon muuntajan kytkennän aiheuttama virtasysäys ja mahdollinen kytkentävirtasysäyksen estopiirin vikaantuminen. Jokainen ryhmäjohto on tarpeen suojata oikosulku- ja ylivirtasuojalla. Ryhmäjohdot, joita syötetään suojaerotusmuuntajan toisiopiiristä, on varustettava ylivirtasuojilla, joihin soveltuvat kaksinapaiset johdonsuojakatkaisijat. Lääkintä-IT-järjestelmässä ei ole nollajohdinta, vaan kaksi äärijohdinta, joten johdonsuojakatkaisijoiden on oltava kaksinapaisia. (Säisä 2013a, 7.)

Lääkintätilojen muuntajat pitää asentaa lääkintätilojen lähelle. Suositus on, että muuntajan ulostulo-liittimen ja kulutuskojeen välinen etäisyys on enintään 25 m. (Sähköasennukset 2012, 448.)

Lääkintä IT-järjestelmä on varustettava standardin mukaisella eristystilan valvontalaitteella. Jokainen lääkitä IT-järjestelmä on varustettava sekä akustisella että optisella hälytyslaitteella, eli näkyvillä ja kuuluvilla hälytyslaitteilla. Seuraavat komponentit on sijoitettava sopivaan paikkaan niin, että hoito-henkilökunta ja tekninen henkilökunta voivat niitä jatkuvasti valvoa:

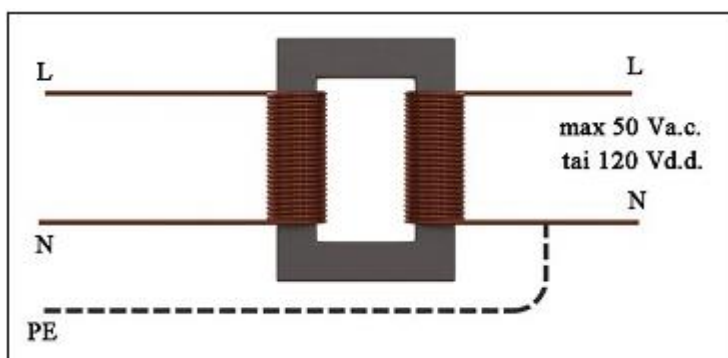
- vihreä merkkivalo, joka osoittaa laitteen olevan normaalitilassa
- keltainen merkkivalo, joka osittamaan, kun aseteltu resistanssin minimiarvo on saavutettu. Tämä merkkivalo ei saa olla kuitattavissa eikä poiskytkettävissä.
- äänihälytys, joka soi kun aseteltu resistanssin minimiarvo on saavutettu. Äänihälytys voi olla kuitattavissa.
- keltaisen merkkivalon on sammuttava, kun vika on poistunut ja normaalitila on palannut. (Sähköasennukset 2012, 445.)

”Lääkintäsuojajärjestelmän ylikuormitushälytyksestä ja IT-verkon maasulkuhälytyksestä on oltava jatkohälytys välittömästi myös tekniselle ammattihenkilöstölle (Säisä 2013b, 16).”

Eristystilan valvontajärjestelmän lisäksi voidaan rakentaa eristysvian paikannusjärjestelmä, joka paikantaa eristysvian missä tahansa pisteessä IT-järjestelmässä. Lääkitä-IT-järjestelmän muuntajan korkeaa lämpötilaa ja ylikuormitusta on valvottava. (Sähköasennukset 2012, 448.)

3.1.4 SELV- ja PELV-järjestelmä

SELV- ja PELV-järjestelmien jännitelähteinä käytetään yleensä suojajännitemuuntajaa, joka täyttää standardin vaatimukset. SELV- ja PELV-pienoisjännitejärjestelmissä nimellisjännite saa olla korkeintaan 50 V vaihtojännitteellä tai 120 V sykkeettömällä tasajännitteellä. SELV-järjestelmä on maasta erotettu järjestelmä, eikä sen jännitteisiä ja jännitteelle alttiita osia saa kytkeä maihin. PELV-järjestelmässä jännitteelle alttiit osat tai toinen muuntajan toisiopuolen navoista voidaan kytkeä maihin. (Tiainen 2012, 117,120.)



KUVA 2. PELV-järjestelmän suojajännitemuuntaja (Intertrafo.)

Kun ryhmän G1 ja G2 lääkintätiloissa käytetään SELV- ja PELV-piirejä, kulutuskojeissa käytettävä nimellisjännite ei saa ylittää 25 V vaihtojännitettä tai 60 V sykkeetöntä tasajännitettä. Perussuojaus on toteutettava eristämällä jännitteiset osat käyttämällä suojuksia tai kotelointia. Ryhmän 2 lääkintätiloissa käytettäessä PELV-järjestelmää, jännitteelle alttiit johtavat osat on kytkettävä suojaavaan potentiaalintasaukseen. Esimerkiksi leikkaussaleissa leikkausvalaisimien jännitteelle alttiit osat kytketään potentiaalintasaukseen. (Sähköasennukset 2012, 446.)

3.2 Maadoituksiin ja potentiaalintasaukseen liittyvät standardit ja asennusmääräykset sairaalaympäristössä.

Pienjänniteasennuksissa maadoitusjärjestelmän tehtävänä on mahdollistaa sähköasennuksen turvallinen ja luotettava toiminta. Maadoitusjärjestelmällä saadaan maahan johtava yhteys, jota käytetään sähköiskulta suojaamiseen ja häiriösuojaukseen. Maadoitusjärjestelmän suojajohtimilla toteutetaan suojaus sähköiskulta käytettäessä syötön automaattista poiskytkentää. (Nurmi 2012, 3.)

Lisäpotentiaalintasaus on potentiaalieroja tasaava toimenpide, jota käytetään, kun suojausedellytykset eivät ole tyydyttäviä järjestelmässä. Lisäpotentiaalintasauksen tarkoituksena ei ole lyhentää suojalaitteen toiminta-aikaa, vaan pienentää kosketusjännite pienemmäksi niin, että siitä ei aiheudu vaaraa. Käytännössä lisäpotentiaalintasauasta käytetään hyvin harvoin nopeuttamaan vian nopeaa poiskytkentää. Oikosulkuvirtojen ollessa pieniä, suojaus voidaan usein tehdä helpommin vikavirtasuojalla. Luokan G1 ja G2 hoitotiloissa lisäpotentiaalintasauasta käytetään täydentämään vikasuojausta, koska kosketusjännitteet pitää rajata vikatilanteissa tavanomaista pienemmäksi. (Tiainen 2012, 109.)

3.2.1 Maadoitus

Kaikki jännitteelle alttiit osat on kytkettävä suojamaadoitusjohtimeen kunkin maadoitustavan mukaisesti. Jännitteelle alttiit osat, jotka ovat samanaikaisesti kosketeltavissa, on yhdistettävä samaan maadoitusjärjestelmään yksittäin, ryhmissä tai yleisesti. Kaikissa virtapiireissä on oltava suojamaadoitusjohdin, joka yhdistetään asianomaiseen suojamaadoitusjärjestelmään. (Sähköasennukset 2012, 92.)

Maadoituselektrodilla toteutetaan yhteys maahan joko suoraan maadoituselektrodilla tai johtavan väliaineen, kuten betonin kautta. Maadoituselektrodin materiaalin ja rakenteen pitää olla sähköisesti oikein mitoitettu ja mekaanisesti riittävän kestävä sekä korroosion kestävä. Maadoituselektrodin muodolla ja laajuudella voidaan vaikuttaa saavutettavaan maadoitusresistanssiin ja potentiaalintasausvaikutukseen. Suositeltavaa on, että kaikkiin rakennuksiin asennetaan renkaan muotoinen maadoituselektrodi. (Nurmi 2012, 3.)

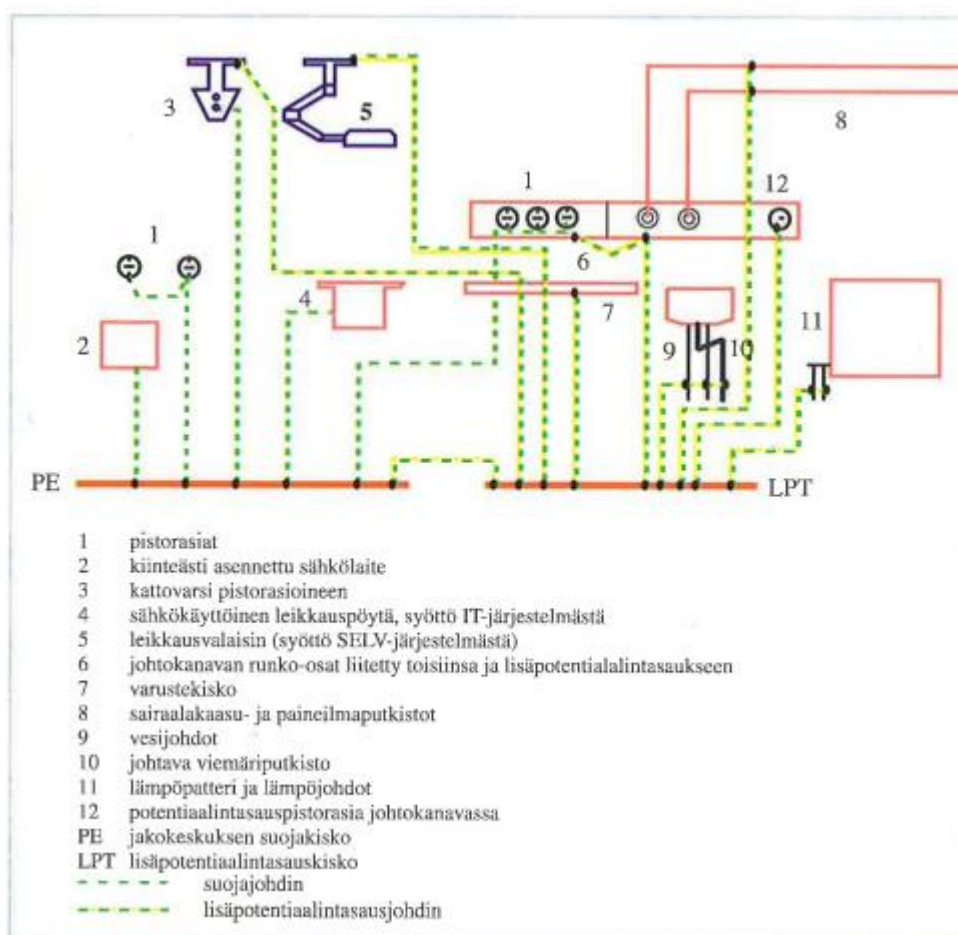
Päämaadoituskisko toimii maadoitusten ja potentiaalintasauksen koontipisteenä. Maadoitukset liitetään yhteen rakennuksen potentiaalintasauksen kanssa. Potentiaalintasauksessa liitetään sähköisesti yhteen jännitteelle alttiit osat. (Nurmi 2012, 3.)

3.2.2 Potentiaalintasaus

Kaikissa ryhmän G1 ja G2 lääkintätiloissa on tehtävä lisäpotentiaalintasaus. Potentiaalierojen tasaukseksi lisäpotentiaalintasausjohtimet on liitettävä potentiaalintasauskiskoon. Tämä on tehtävä hoitoalueella tai mahdollisesti hoitoalueelle siirrettävien osien välillä, kuten suojamaadoitusjohtimet, muut johtavat osat, häiriökentän suojaukset, johtavien lattioiden metalliverkko ja erotusmuuntajan mahdollinen sähköinen suoja. (Säisä 2013b, 17.)

Ryhmän G2 lääkintätiloissa suojajohtimien ja liitosten yhteenlaskettu resistanssi lisäpotentiaalintasauskiskon ja kiinteästi asennettujen laitteiden suojaliittimien tai pistorasioiden tai muiden johtavien osien välillä ei saa olla suurempi kuin $0,2 \Omega$. (Sähköasennukset 2012, 446.) Mikäli vaadittua resistanssiarvoa ei saavuteta pistorasian tai kiinteästi asennetun laitteen suojaliittimen ja lisäpotentiaalintasauskiskon välillä suojajohtimella, voidaan joko käyttää suurempi poikkipintaista suojajohdinta tai kytkeä pistorasian suojakosketin suoraan lisäpotentiaalintasauskiskoon.

Lisäpotentiaalintasauksen tehtävänä on pienentää samanaikaisesti kosketeltavien johtavien osien välisiä potentiaalieroja eli jännitteitä. Lisäpotentiaalintasaukseen liitetään hoitoalueen sähkölaitteita syöttävät suojamaadoitusjohtimet ja hoitoalueella olevat muut johtavat osat, joissa voi esiintyä tietty potentiaali, tavallisesti maan potentiaali. Yhdistäminen on yleensä helpointa tehdä liittämällä syöttävän jakokeskuksen suojakisko lääkintätilaan sijoitettavaan lisäpotentiaalintasauskiskoon. Muut johtavat osat liitetään tähän kiskoon. Keskuksen suojakisko ja lisäpotentiaalintasauskisko yhdistetään toisiinsa johtimella, suositellaan käytettäväksi 16mm^2 kuparijohdinta. (Sähköasennukset 2012, 464.)



KUVA 3. Esimerkki sairaalan lisäpotentialintasauksesta (Tiainen 2012, 109.)

Ryhmän G1 potilashuoneissa lisäpotentialintasaukseen yhdistetään tavallisesti vesi-, lämpö-, ilma-, viemäri-, kaasu- ja imu järjestelmien putkistot, jos ne ylettyvät hoitoalueelle. Ryhmän G2 tiloissa kuten leikkaussaleissa, lisäpotentialintasaukseen liitetään lisäksi leikkausvalasimien ja kattokeskusten rungot ja laitteiden ripustamiseen tarkoitettut kiskot. (Sähköasennukset 2012, 464.)

KYSin sovellusohjeen mukaan potentialintasauspisteet asennetaan tähtimäisesti niin, että jokainen piste liitetään omalla 6 mm² keltavihreällä tunnusvärillä varustetulla eristetyllä kuparijohtimella lisäpotentialintasaukseen. Johtimet täytyy merkata lähtöpäästä selkeästi, jotta määräaikaismittauksissa johtimien irrottaminen ja mittaaminen on mahdollista. "Yhteen asennuskokonaisuuteen, esimerkiksi johtokanavaan tai pesualtaan ympäristöön (peilivalaisin, viemäri, vesijohtoputket yms.), liittyvät lisäpotentialintasausjohtimet voidaan asentaa ketjutettuna tai haaroitettuna verkkona (Säisä 2013b, 20)." Näin saadaan potentialintasausjohtimien määrä kohtuulliseksi potentialintasaukiskoon. Ketjutetuissa asennuksissa pitää varmistua, ettei yhden laitteen irrottaminen aiheuta muiden potentialintasauksien irtoamisen. Säisä 2013b, 20.)



KUVA 4. Potentiaalintasaus toteutettu asennuskokonaisuudessa ketjutettuna ja katkeamattomana (Tiainen 2012, 296.)

Potentiaalintasaukset G2 tiloissa mietitään aina tapauskohtaisesti. Kunkin järjestelmän tai asennuskokonaisuuden sisällä johtimia saa ketjuttaa, kunhan johdin ei katkea liitoksessa. Johdin kulkee ehyenä läpi järjestelmän tai asennuskokonaisuuden ja johtimen kuori kuoritaan vain liittimessä. Eri suuntiin lähtevät johtokanavat tms. liitetään lisäpotentiaalintasaukiskoon tähtimäisesti. Säisä 2013b, 20.)

3.2.3 Maadoituksen mitoittaminen

Maadoituskisko tai -liitin kytkeytyy maadoituselektrodiin maadoitusjohtimella. Maadoitusjohtimien poikkipinta-ala täytyy olla aina vähintään 6 mm² kuparia tai 50 mm² terästä. Kun maadoituselektrodiä käytetään myös suojaukseen salamaniskulta, tähän tarkoitukseen käytettävien maadoitusjohtimien poikkipinnan pitäisi olla vähintään 16 mm² kuparia tai 50 mm² terästä. Maahan upotettavien maadoitusjohtimien poikkipintojen pitää olla kuitenkin vähintään 16 mm² kuparia tai 90 mm² kuumasinkittyä, ruostumatonta tai betoniin upotettua terästä. Alumiinijohtimia ei saa käyttää maadoitusjohtimina. (Tiainen 2012, 278; Sähköasennukset 2012, 303–305.)

Suojajohdin on johdin, jota käytetään sähköiskulta suojaamiseen. Jännitteelle alttiit osat suojamaadoitetaan suojajohtimella. Suojajohdinta nimitetään suojamaadoitusjohtimeksi, varsinkin silloin kun puhutaan ryhmä johdon suojaamisesta. Suojajohtimen poikkipinnan on täytettävä syötön automaattisen poiskytkennän ehdot. Johtimen on kestävä suojalaitteen toiminta-aikana esiintyvät prospektiivisen vikavirran aiheuttamat termiset ja mekaaniset rasitukset. Alle 16 mm² kuparikaapeleiden suojajohtimilla täytyy olla sama poikkipinta-ala kuin äärijohtimilla. 16 mm² – 35 mm² kuparikaapeleiden suojajohtimen täytyy olla vähintään 16 mm². Kaapelin halkaisijan ollessa yli 35 mm², suojajohtimen täytyy olla vähintään puolet äärijohtimista. (Tiainen 2012, 275; Sähköasennukset 2012, 305.)

3.2.4 TN-järjestelmä

TN-järjestelmässä asennuksen maadoituksen eheys riippuu PE- ja PEN-johtimen tehokkaasta ja luotettavasta yhdistyksestä maahan. Kaikki asennuksen jännitteelle alttiit osat yhdistettävä suojajohtimilla päämaadoituskiskoon, joka pitää yhdistää tehonsyöttöjärjestelmän maadoitettuun pisteeseen. Suomessa sähköliittymään on rakennettava maadoituselektrodi. Tällä pienennetään mm. PEN-johtimen mahdollisesta katkeamisesta ja suurjännitejärjestelmien maasulkuvirroista aiheutuvia kosketusjännitteitä. Liittymään tehtävän maadoituselektrodin lisäksi rakennuksiin on tehtävä suojaava potentiaalintasaus ja tarvittaessa lisäpotentiaalintasaus. (Sähköasennukset 2012, 94.)

TN- jakelujärjestelmässä jakelujärjestelmän tähtipiste on maadoitettu suoraan teholähteessä ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty tähtipisteeseen suojajohtimilla. On olemassa kolme eri TN-järjestelmää, jotka erotetaan nollan ja suojamaan keskinäisen järjestelyn perusteella:

- TN-S-järjestelmä: erillinen nolla- ja suojajohdin koko järjestelmässä
- TN-C-S-järjestelmä: nolla- ja suojajohdintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen (PEN-johtimeen) osassa järjestelmää
- TN-C-järjestelmä: nolla- ja suojajohdintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen (PEN-johtimeen) koko järjestelmässä. (Nurmi 2012, 4.)

Terveystieteiden rakennuksissa käytetään TN-S järjestelmää koko sähköasennuksessa mukaan lukien pääkeskukset. (Säisä 2013a, 4.)

3.2.5 Lääkintä-IT-järjestelmä

Lääkintä-IT-järjestelmä on maasta erotettu verkko, jonka tähtipistettä tai mitään muutakaan virtapiirin osaa ei ole kytketty suoraan maahan. Lääkintä-IT-järjestelmässä sähkölaitteistojen ja sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat on kytketty joko erilliseen maadoituselektrodiin tai suojajohtimen välityksellä yhteiseen elektrodiin. Paikalliselle lääkintä-IT-järjestelmälle ei tehdä yleensä omaa maadoituselektrodia, vaan lääkintä-IT-järjestelmän maadoitus kytketään syöttävän TN-S verkon maadoitukseen ja sitä kautta järjestelmille yhteiseen maadoituselektrodiin. (Tiainen 2012, 66-68.)

4 SÄHKÖTEKNISET KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ

Käyttöönottotarkastukseen kuuluu aistinvaraisten tarkastusten lisäksi erilaisia mittauksia ja toimintatestauksia. Mittauksista osa voidaan korvata laskennallisilla arvoilla, mutta tällöinkin on hyvä tehdä joitakin pistokoeluonteisia mittauksia ja tarkastaa, että laskennassa käytetyt lähtöarvot ja muut tiedot ovat olleet oikein. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 17.)

Ennen jännitteen kytkentää on varmistuttava, että sähkölaitteisto on turvallisessa kunnossa. Tämän vuoksi tietyt käyttöönottotarkastuksiin kuuluvat mittauksetkin aistinvaraisten tarkastusten lisäksi tehdään jännitteettömänä. Jännitteettömään sähkölaitteistoon tehtäviä mittauksia ovat suojajohtimen jatkuvuusmittaus pienohmimittauksella, asennusten eristysvastusmittaukset, SELV-, PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien erotusmittaukset, lattia- ja seinäpintojen resistanssimittaukset sekä maadoituselektrodin resistanssin mittaukset. Suojajohtimien jatkuvuusmittaukset ja asennusten eristysresistanssimittaukset ovat kattavia mittauksia. Eristysvastus on mitattava koko sähköasennuksen osalta ja suojajohtimen jatkuvuus on mitattava jokaisesta maadoitetusta pisteestä. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 18.)

Käyttöönottotarkastus on aina tehtävä ennen kuin uusi asennus tai olemassa olevan asennuksen lii- säys tai muutos otetaan käyttöön. Käyttöönottotarkastuksen tekijän tulee olla riittävän ammattitaitoinen. Hänen täytyy olla sähköalan ammattilainen, joka tarvittavassa laajuudessa tuntee kyseiseen työhön liittyvät määräykset ja ohjeet. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 9.)

4.1 Aistinvaraiset tarkastukset

Aistinvaraiset tarkastukset on laajin käyttöönottotarkastuksiin kuuluva osa-alue. Aistinvarainen tarkastus ajoittuu koko työsuorituksen ajalle. Aistinvaraisessa tarkastuksessa tulee kiinnittää huomiota merkintöihin, dokumentaatioon, mekaaniseen ja vettä vastaan tehtyyn suojaukseen sekä kosketus- ja palosuojaukseen, mutta myös moniin muihin tapauskohtaisesti esiin tuleviin vaatimuksiin. Seuraavissa kappaleissa käsitellään yksityiskohtaisemmin aistinvaraisesti tarkastettavia asioita, jotka pitää Saastamoisen ja Saarelaisen (2012) mukaan sisällyttää standardin SFS 6000-6-61 mukaisesti aistinvaraiseen tarkastukseen:

- Aistinvaraisessa tarkastuksessa kiinnitetään huomiota sähköiskulta suojaukseen. Varmistetaan perussuojauksen toimivuus aistinvaraisesti tutkimalla suojuksien ja kotelointien olemassaolo, kiinnitys ja eheys, joiden tarkoituksena on estää jännitteisen osan koskettaminen. Lisäksi tarkastetaan kotelointiluokkavaatimusten täyttyminen kaikissa tiloissa. Lisäsuojauksen olemassaolo varmistetaan kohteissa, joissa sitä täytyy käyttää. Varmistetaan käyttöön liittyvien varoituskilpien ja vastaavien olemassaolo.

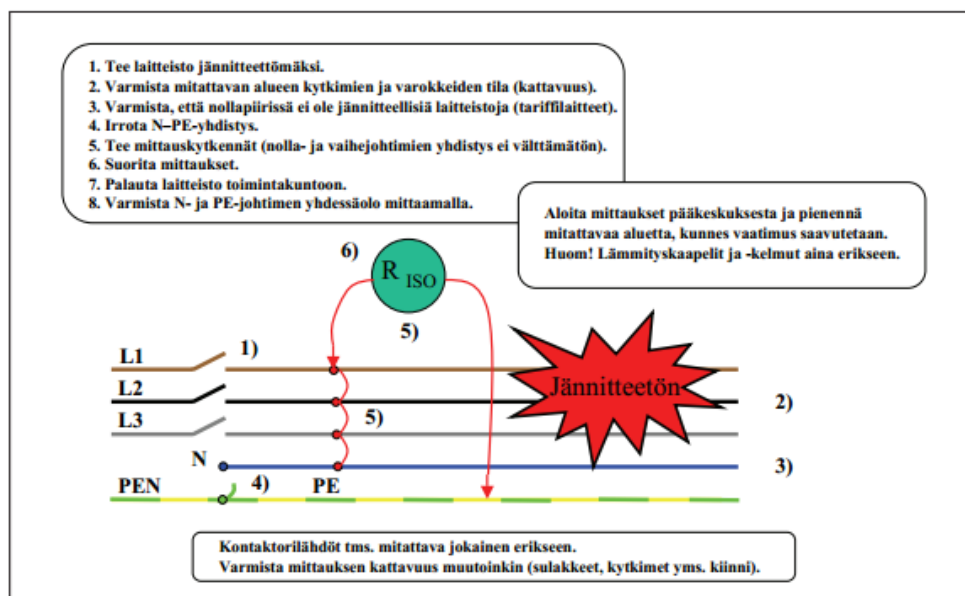
- Aistinvaraisessa tarkastuksessa tarkastetaan palosuojauksien käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutuksilta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet. Kiinnitetään huomiota sähkölaitteiden läheisyydessä olevien materiaalien palamiseen, syttymiseen tai huononemiseen. Tässä kohdassa tulee tarkastaa johtojärjestelmien oikea valinta palon leviämisen estämiseksi ja tarkastettava eri palo-osastojen väliset läpiviennit.
- Tarkastetaan johtimien valinta kuormitettavuuden ja jännitteenaleneman kannalta. Tarkastetaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksen olemassaolo ja oikea sijoittelu. Varmistetaan suojalaitteiden asettelut, selektiivisyys ja yhteensopivuus. Huomioidaan mahdolliset suuret johdinpituuksien muutokset alkuperäisiin suunnitelmiin nähden erityisesti laskennallisten oikosulkuvirta-arvojen ja jännitteenaleneman kannalta.
- Varmistetaan suoja-, erotus-, kytkentä- ja ohjauslaitteiden oikea valinta ja asennus. Tarkastellaan toteutetun ylijännitesuojauksen toimivuutta ja toteutusta.
- Varmistetaan sähkölaitteiden tarvitsemien käyttö- ja ohjauslaitteiden sijainti, huollon aikana mahdollisesti tarvittavat poiskytkentälaitteet sekä mahdolliset hätäkytkentälaitteet sekä näiden tarvitsemat kilvet ja käyttömerkinnät.
- Tarkastetaan sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valintaa ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan. Tiloissa, joissa on varastoinnista tai käsittelystä johtuva palovaara, varmistetaan että sähkölaitteet on asennettu oikein. Varmistetaan myös uloskäytäviin tehtyjen sähköasennusten määräystenmukaisuus. Varmistetaan myös, että ympäristön lämpötila, ulkoiset lämmönlähteet, veden esiintyminen, vieraat kiinteät aineet, iskut, värähtelyt, muut mekaaniset rasitukset, kasvillisuus ja homekasvustot, eläimistön esiintyminen, auringonsäteily, seismiset vaikutukset, tuuli, käsiteltävien ja varastoitavien materiaalien luonne sekä rakenteiden suunnittelu on otettu huomioon sähkötarvikkeissa ja -asennuksissa.
- Tarkastetaan nolla- ja suojajohtimien tunnuks (N, PE, PEN). Tarkastetaan johdinvärien oikea ja standardin mukainen käyttö.
- Yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin. Varmistetaan jo asennusaiheessa, että yksivaiheiset kytkinlaitteet on kytketty äärijohtimiin.
- Tarkastetaan piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassa olo. Tarkastetaan, että kaikki käytön, hoidon ja huollon tarvitsemat dokumentit, varoituskilvet yms. ovat kohteessa helposti saatavilla ja käytettävissä.
- Tarkastetaan virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus. Varmistetaan käyttäjän kannalta tarpeelliset merkinnät niin, että sähkölaitteiston turvallinen ja virheetön käyttö on mahdollista.

- Tarkastetaan johtimien liitosten sopivuus. Tarkastetaan, että liitokset on tehty oikein varusteiden ja menetelmin sekä toteutettu mahdollisesti niitä koskevien erityisohjeiden mukaisesti.
- Tarkastetaan suojajohtimien, mukaan luettuna pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimien olemassaolo ja sopivuus. Varmistetaan maadoituselektrodin olemassaolo ja määräystenmukaisuus sekä suojajohtimien poikkiinnat ja olemassaolo. Kirjataan pöytäkirjaan käytetty maadoituselektrodirakenne.
- Tarkastetaan sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila. Varmistetaan, että sähkölaitteiden sekä johdotusten ja liitosten luokse on helppo päästä myös myöhempää tarkastusta tai muuta toimenpidettä varten.
- Standardin 7 ja 8 erikoistilojen tarkastaminen. Varmistetaan sairaalataloja ja räjähdysvaarallisia tiloja koskevien määräysten ja ohjeiden noudattaminen siltä osin kun se aistinvaraisesti on mahdollista. Kohdetta koskevat erikoistilat luetellaan. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 11-13.)

4.2 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittaus on mainittu standardissa tehtäväksi suojajohtimen jatkuvuusmittausten jälkeen, mutta varsinkin pienemmissä kohteissa se on järkevää tehdä ensimmäisenä mittauksena. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 22.)

Eristysresistanssi mitataan kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä. TN-S-järjestelmässä myös nollajohdin katsotaan jännitteiseksi johtimeksi. TN-C-järjestelmässä PEN-johdinta pidetään osana maata. TN-S-järjestelmän eristysvastusmittauksessa tulee varmistaa, että nolla- ja PE-johtimet on erillään toisistaan. Pääkeskuksella nollan ja PE:n yhdyslenkki irrotetaan, jolloin nolla ja PE ovat erillään. Tehtäessä eristysvastusmittauksia jakokeskustasolla, riittää kun keskusta syöttävän nousujohdon nolla irrotetaan. Nykyään monissa jakokeskuksissa on nelinapainen pääkytkin, joka katkaisee vaiheiden lisäksi myös nollan pääkytkimen ollessa off-asennossa. Tällöin nolla ja suojamaa ovat eriytettyinä. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 23.)



KUVA 5. Eristysvastusmittaus TN-S-järjestelmässä (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 25.)

Mittauksen alkuvalmisteluihin kuuluu kaikkien johdonsuoja-automaattien, sulakkeiden, vikavirtasuojakytkimien, ohjaus ja käyttökytkimien yms. laittaminen kiinni asentoon. Ennen varsinaisia mittauksia kannattaa mittalaitteen mittajohtimet oikosulkea ja mittaamalla varmistetaan, että mittajohtimet ovat kunnossa ja oikein asennettu sekä mittalaitteen asetukset ovat oikeat. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 23.)

Äärijohtimet ja nollajohtimet kytketään yhteen eli oikosuljetaan kuvan 5 mukaisesti. Eristysvastus mitataan nolla-kiskon ja PE-kiskon väliltä. Toinen mittausvaihtoehto on, että eristysvastus mitataan jokaisen äärijohtimen ja maan väliltä erikseen. Eristysvastusmittauksessa käytetään mittausjännitteenä 500 V DC ja eristysvastuksen minivaatimus on 1 MΩ. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 23.)

TAULUKKO 2. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 24.)

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	≥ 0,5
Enintään 500 V, edellä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	≥ 1,0
Yli 500 V	1 000	≥ 1,0

Pienehkössä kohteessa parhaassa tapauksessa riittää yksi eristysresistanssimittaus. Sähkölaitteiston sisältäessä SELV-, PELV- tai suojaerotusmuuntajia, releitä ja kontaktoreita on mittauksia tehtävä useampia. Vaihtokytkimillä toteutetussa porrasvalokytkennässäkin pitää tehdä eristysvastusmittaus kytkimen ollessa kummassakin asennossa. Joissakin tapauksissa releen tai kontaktorien koskettimet voidaan sulkea esimerkiksi painamalla ruuvimeisselillä. Mittaukset suoritetaan silloin yksi kontaktori kerrallaan. Nykyisin käytössä on sellaisia releitä ja kontaktoreita, joita ei mekaanisesti voi sulkea.

Tällöin releen tai kontaktorin jälkeinen piiri mitataan erikseen. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 24.)

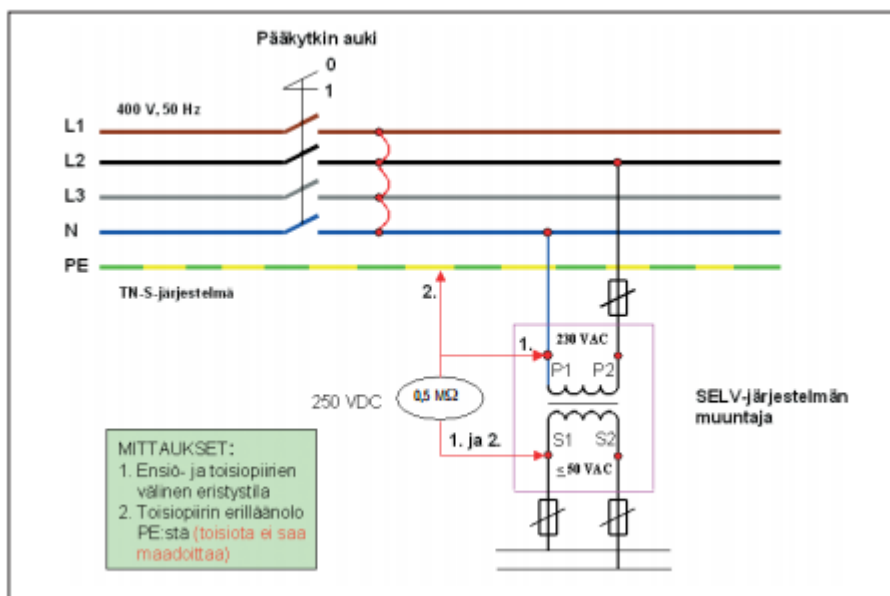
Vikaantumisvaara tai testitulosten muuttuminen käytettäessä 500 V mittausjännitettä voidaan usein estää kytkemällä äärijohtimet ja nollajohtimet mittauksen ajaksi yhteen. Tämäkään toimenpide ei varmuudella estä elektronisten laitteiden rikkoontumista. Asennuksissa mahdollisesti oleva virhekytkentä saattaa vioittaa elektronisia laitteita, vaikka ääri- ja nollajohtimet on kytketty yhteen. Kun asennuksessa on herkkiä laitteita, jotka voivat rikkoontua eristysvastusmittauksessa, voi olla järkevää tehdä ensin mittaus standardin edellyttämää koejännitettä alemmalla jännitteellä, jolloin laitteiden rikkoontumisriski pienenee. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 23.)

Kun sähkölaitteiston mitattavissa piireissä on elektronisia laitteita, ylijännitesuojia tai muita laitteita, jotka vaikuttavat testiin tai voivat rikkoontua testissä, kytketään ne irti ennen eristysvastuksen mittausta. Kun tällaisia laitteita ei voida kohtuudella erottaa, voidaan mittaus suorittaa 250 V:n tasajännitteellä. Mitattu eristysresistanssin arvo on oltava edelleen vähintään 1 M Ω . Tarkastuspöytäkirjaan on selkeästi merkittävä, jos mittaus suoritetaan 250 V:n tasajännitteellä. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 23.)

Sähköenergian mittauksen ja tariffinohjauslaitteiden nollajohdin voi olla kytkettynä syötön PEN-johtimeen. Tällöin nollajohtimet on irrotettava, jottei mittauksissa vaurioiteta näitä laitteita. Irrottamattomien laitteiden ja johtimien kautta muodostuu myös johtava yhteys maan potentiaaliin, aiheuttaen eristysresistanssiarvon pienenemisen alle sallitun 1 M Ω . (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 23.)

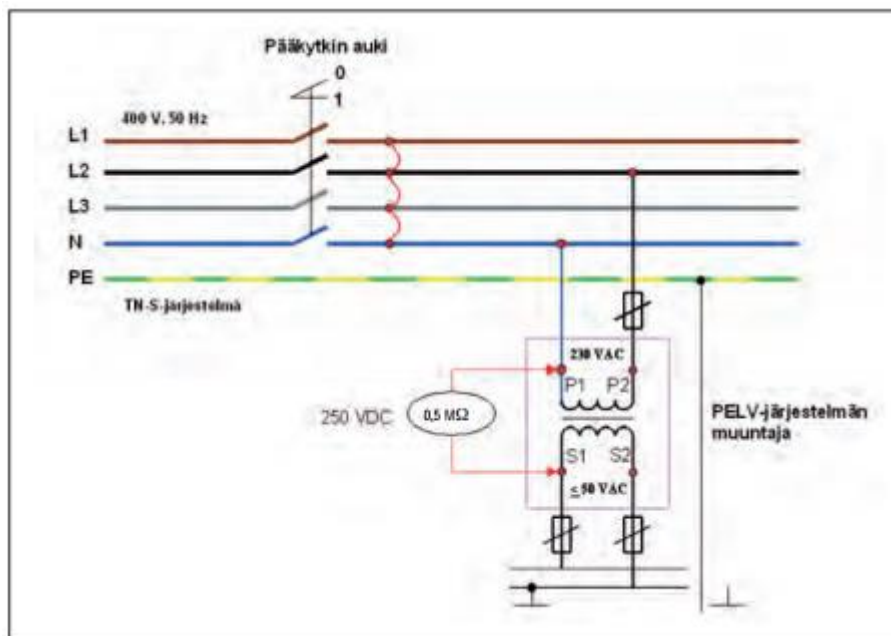
4.2.1 Eristysvastusmittaus SELV- ja PELV-järjestelmissä

SELV-järjestelmässä suojauksena käytetään pienoisjännitettä ($U \leq 50$ V AC tai ≤ 120 V DC). Normaalisti sähköverkosta syötettävän SELV- muuntajan täytyy täyttää suojaerotusmuuntajalta vaadittavat ominaisuudet. Käyttöönottomittauksessa tulee varmistaa ensiö- ja toisiopuolen erillään olo sekä toisiopuolen erillään olo suojamaadoituksesta. Käytettävän mittausjännitteen tulee olla 250 V DC ja eristysvastuksen on oltava vähintään 0,5 M Ω . (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 26.)



KUVA 6. SELV-järjestelmän muuntajan eristysvastusmittaus (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 26.)

PELV-järjestelmässä suojauksena käytetään pienoisjännitettä ($U \leq 50$ V AC tai ≤ 120 V DC) samoin kuin SELV-järjestelmässäkin. PELV-järjestelmässä voidaan jännitteelle alttiit kosketeltavat osat tai toinen toisiopuolen navoista kytkeä suojamaadoitukseen. PELV-muuntajassa mitataan vain ensio- ja toisiopuolen erillään olo. Käytettävän mittausjännitteen tulee olla 250 V DC ja eristysvastuksen on oltava vähintään $0,5 \text{ M}\Omega$, niin kuin SELV-järjestelmässäkin. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 26.)



KUVA 7. PELV-järjestelmän muuntajan eristysvastusmittaus (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 27.)

Lattia- ja seinäpintojen resistanssin tai impedanssin mittaus täytyy tehdä hyvin harvoin sähköturvallisuuden pohjalta. Sairaaloissa sekä sähkölaboratorio- tai korjaamotiloissa voidaan joskus joutua tekemään seinä- ja lattiapintojen resistanssi tai impedanssimittauksia. Resistanssi on tällöin mitattava vähintään 3 kohtaa, joista yksi mittaus tehdään noin 1 metrin päässä jostakin tilan kosketeltavasta muusta johtavasta osasta. Loput mittaukset tehdään kauempana. Mittauksia tehtäessä pitää käyttää

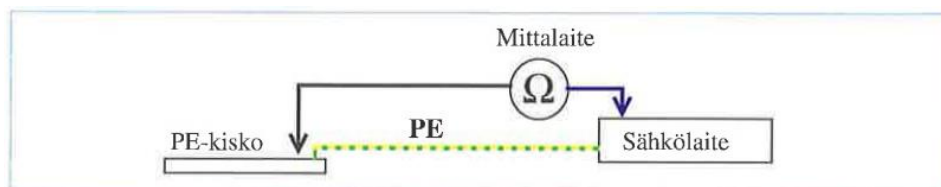
standardin mukaisia mittaussuomenetelmiä ja mittaussuoelektrodeja. Mittaus tehdään järjestelmän jännitteellä maahan nimellistaajuudella tai matalammalla jännitteellä ja samalla nimellistaajuudella yhdistettynä eristysresistanssin mittaukseen. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 28.)

Kun sairaalatalaan asennetaan puolijohtava lattia, mitataan standardin täyttyminen kohteessa. Resistanssin on oltava 50 k Ω - 100 M Ω . (Säisä 2014, 15.)

4.3 Suojajohtimen jatkuvuus ja potentiaalintaus

Suojajohtimen jatkuvuusmittauksella varmistetaan suojajohtimien eheys, oikea liitäntäpiste, liitosten kunto ja kunnollinen kiinnitys. Suojajohtimen mittaamisella varmistetaan oikosulkusuojauksen toimivuus vikatapauksessa. Suojajohtimiksi luokitellaan maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet ja potentiaalintausjohtimet. Jatkuvuusmittauksien vuoksi ei suojamaadoitusjohdinta tarvitse yleensä irrottaa kytkennästä. TN-S-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtimen yhdistys täytyy irrottaa jatkuvuusmittausten ajaksi samoin kuin eristysvastusmittauksien ajaksi. Kun mittauksia tehdään vain ryhmäjohtotasolla, riittää keskusta syöttävän nousujohtoon nollan irtikytkentä. Näin varmistetaan, että nolla ja suojajohdin eivät ole vaihtuneet keskenään asennuksen aikana. Suojajohtimen jatkuvuus varmistetaan mittaamalla jokaisesta sähkölaitteesta ja maadoitetusta osasta. Esimerkiksi pistorasiaryhmän maadoitus mitataan jokaisesta pistorasiasta, eikä vain ryhmän viimeisestä pistorasiasta. Jatkuvuusmittauksessa mitataan kuparijohtimen resistanssia ja näin ollen mittaustulokset ovat yleensä varsin pieniä. Jatkuvuusmittauksen mittaustulokselle ei ole tarkkaa raja-arvoa, koska mittaustulokseen vaikuttaa asennuksen pituus. Yleensä mittaustulokset vaihtelevat 0-2 Ω välillä. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 18.)

Mittauksen suoritus aloitetaan pääpotentiaalintasauksesta ja edetään säteittäin keskuskohtaisiin mittauksiin. Suojajohtimen jatkuvuus varmistetaan mittaamalla jokaisesta sähkölaitteesta ja maadoitetusta osasta. Jatkuvuusmittauksessa käytetään normaalisti 200mA mittaussvirtaa. Mittarista riippuen, käytettävien mittajohtimien resistanssi voidaan joko kompensoida mittarissa tai se vähennetään mittaustuloksesta. Ensimmäinen mittaus tehdään mittapäät yhdessä, tällöin havaitaan onko kompensointi tehty. Jos mittarissa ei ole kompensointia, niin näin saadaan mittajohtimien oma resistanssi tietoon, mikä täytyy muistaa vähentää saaduista mittaustuloksista. Mittauksessa on kiinnitettävä huomiota kunnollisiin liitoksiin, sillä pienikin ylimenovastus vaikuttaa saatuun mittaustulokseen merkittävästi. Käytettäviä mittapäitä tulee olla riittävä määrä, jotta voidaan valita aina kohteeseen parhaiten soveltuva mittapää. Jos mittapäitä joudutaan vaihtamaan kesken mittauksen, kompensoidaan mittajohtimet uudelleen tai mitataan resistanssi mittajohtimista uudelleen. Yksittäisen suojajohtimen mittaaminen tarvitsee yleensä koko johdinpituuden mittaisen apujohtimen. Pidemmällä johdinpituuksilla voidaan käyttää johtimen loppupään läheisyydessä olevaa jo mitattua referenssipistettä ja näin välttää todella pitkiltä mittajohtimelta. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 20.)



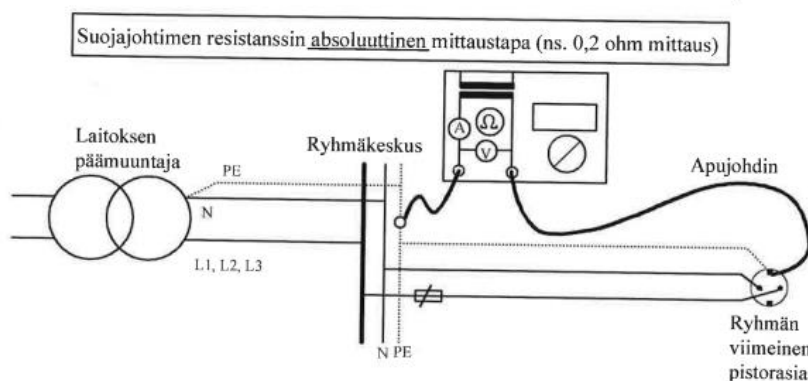
KUVA 8. Suojajohtimen jatkuvuusmittaus (Tiainen 2012, 338.)

Keskuskohtaisista mittaustuloksista on suositeltavaa kirjata ainakin suurin esiintyvä arvo. Kirjaustieto mittapaikan suhteen on tehtävä niin tarkasti, että mittapöytäkirjassa olevien tietojen perusteella voidaan tehdä myöhemmin samasta pisteestä mittaus vertailutietojen saamiseksi. Kaikki testauksien tulokset on tarvittaessa annettava laitteiston haltijalle, joten ennen mittauksia on syytä selvittää kohteessa noudatettava käytäntö. Toisena mahdollisuutena on kirjata kaikki mittaustulokset, mikä talentavilla mittalaitteilla onkin järkevä menettelytapa. Jotta saadut mittaustulokset voidaan yhdistää jälkeinpäin oikeaan mittaushuoneeseen, on jo mittausten suunnitteluun samoin kuin itse mittausten suorituksiinkin kiinnitettävä huomiota. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 20-21.)

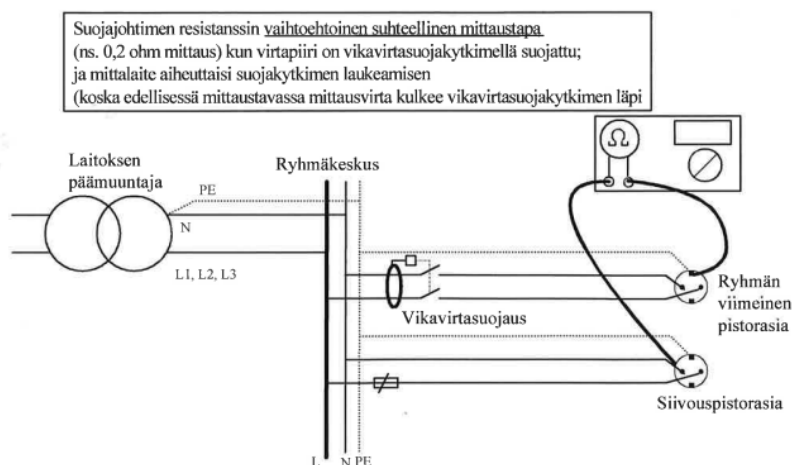
Sairaaloissa ryhmän G2 lääkintätiloissa suojajohtimien ja liitosten yhteenlaskettu resistanssi lisäpotentiaalintasauksikon ja pistorasioiden tai kiinteästi asennettujen laitteiden suojaliittimien tai muiden johtavien osien välillä ei saa olla suurempi kuin 0,2 Ω. (Sähköasennukset 2012, 446.) Lääkintätilaryhmän G2 lisäpotentiaalintasauksen ja suojajohtimen resistanssin mittaaminen pitää tehdä 10 A vaihtovirralla ja kytketään ainakin viideksi sekunniksi mitattavaan kohteeseen. (Säisä 2014, 11.)

Lääkintätilojen määräaikaismittaukset KYS:ssä- ohjeen mukaan mitattaessa lääkintätilaryhmä G1-tiloja, on syytä noudattaa samoja mittaussuhteita kuin lääkintätilaryhmän G2 tiloissa, vaikka tätä standardi ei enää vaadikaan. Ryhmän G1 tiloissa lääkintätilastandardin mukaan riittää normaalilla 200 mA virralla mitattu jatkuvuus. (Säisä 2014, 11.)

Lääkintätilaryhmän G2 0,2 Ω mittaaminen suoritetaan käyttöönoton yhteydessä sekä absoluuttisella että suhteellisella mittaustavalla. Jos määräaikaismittaukset tehdään aina absoluuttisen mittaustavan mukaisesti, ei suhteellista mittaustapaa tarvitse tehdä käyttöönotossakaan. (Säisä 2014, 11.)



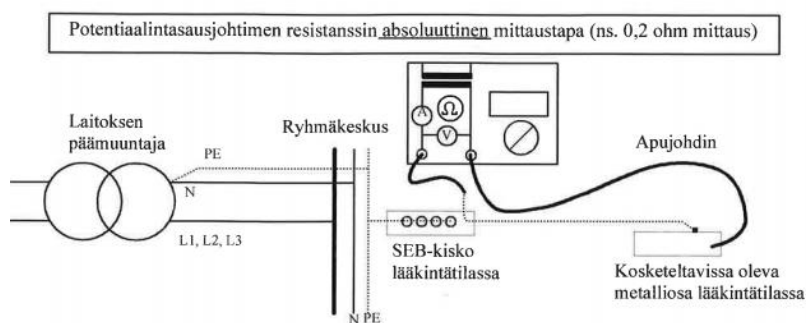
KUVA 9. Suojajohtimen resistanssin absoluuttinen mittaaminen (Säisä 2014, 11.)



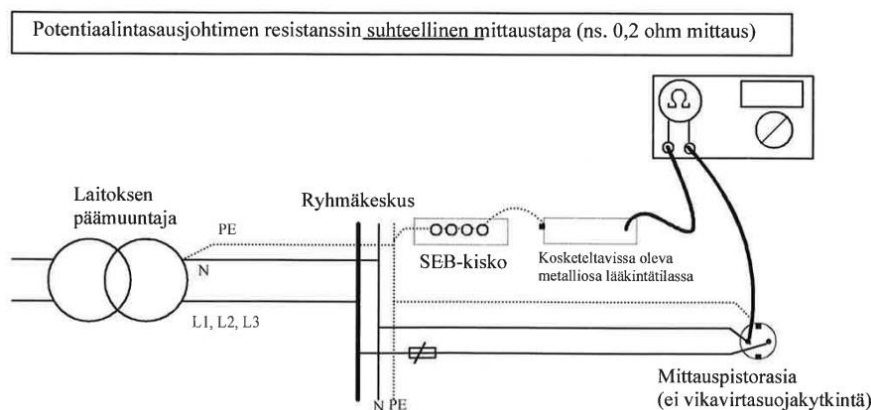
KUVA 10. VVSK:lla suojatun virtapiirin suojajohtimen resistanssin suhteellinen mittaustapa (Säisä 2014, 12.)

Uusissa asennuksissa asennetaan yksi pistorasia jokaiseen lääkintätilan ryhmäkeskukseen mittauksia varten, jota ei ole suojattu vikavirtasuojakytkimellä. Tämä sen vuoksi, että suhteellinen mittaus on helppo toteuttaa. (Säisä 2014, 12.)

Lisäpotentiaalintasaukseen yhdistettävien metalliosien potentiaalintasauksen mittauksessa absoluuttisella mittausmenetelmällä on otettava mitattavan PE-johtimen toinen pää irti PE-kiskosta tai PE-liittimestä. Näin varmistutaan, että mittausvirta kulkee todellisuudessa mitattavaa johdinta pitkin. Mikäli johtimen irrottaminen halutaan käyttöönottomittauksissa välttää, tulee luovutusmittaukset tehdä sekä absoluuttisella ja suhteellisella mittaustavalla. (Säisä 2014, 13.)



KUVA 11. Potentiaalintasausjohtimen resistanssin absoluuttinen mittaustapa (Säisä 2014, 13.)



KUVA 12. Potentiaalintasausjohtimen resistanssin suhteellinen mittaustapa (Säisä 2014, 13.)

TN-S-järjestelmässä edellytettiin nolla- ja suojamaadoitusjohtimen erilleen kytkentää toisistaan. Kun maadoitusmittaukset on suoritettu ja muita jännitteettömiä mittauksia ei enää tehdä, on muistettava kytkeä nolla- ja suojamaadoitusjohdin takaisin yhteen. Jos tämä yhdistäminen unohdetaan tehdä ja kohteeseen kytketään jännite, voi pahimmassa tapauksessa nollan ja jonkin vaihejohtimen välinen potentiaaliero kasvaa yli 250V:n. Tällöin laitteiden rikkoontuminen ylijännitteen seurauksena on hyvin todennäköistä. On suositeltavaa, että ennen sähkölaitteiston kytkentää, varmistetaan mittaamalla nolla- ja suojajohtimen yhdessäolo, jotta vältetään tämän tyyppisiltä ongelmilta. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 21.)

4.4 Syötön automaattinen poiskytkentä

Vikasuojauksen toiminnan varmistaminen edellyttää syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan tarkastamista. Vikasuojauksen toimivuus voidaan varmistaa mittaamalla pienin oikosulkuvirta vaiheen ja suojajohtimen välisessä viassa. Toinen vaihtoehto on tarkastaa asia suunnitteludokumentteihin liittyvistä suojauslaskelmista ja todeta asennuksen vastaavan suunnitelmia. (Tiainen 2012,344.) "Vikasuojausta koskevat vaatimukset täyttyvät, kun vian aiheuttama vaarallinen kosketusjännite kytkeytyy automaattisesti pois vaatimusten edellyttämässä ajassa tai vian aiheuttama kosketusjännite rajoitetaan vaarattomaan arvoon (Tiainen 2012, 344)."

TN-järjestelmässä mitatun vikavirtapiirin impedanssi on oltava sellainen, että syötön poiskytkentä tapahtuu standardin edellyttämässä ajassa. Mittaamalla saatu oikosulkuvirran arvo on oltava 1.25 kertainen laskettuun arvoon nähden, koska todellisessa vikatapauksessa johtimen resistanssi suurenee lämpötilan nousemisen seurauksena. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 31-32.)

Oikosulkuvirtamittausta ei tarvitse tehdä kattavana, vaan peruseriaate on, että mittaus tehdään jokaisesta jakokeskuksesta ja muutama mittaus kunkin keskuksen epäedullisimmasta pisteestä. Tällaiset epäedullisimmat pisteet ovat pitkissä ja pienipoikkipintaissä johdoissa. Mittaustuloksista voidaan päätellä, tarvitaanko lisää mittauksia vai voidaanko jo tehtyjen mittausten perusteella päätellä, että nopean poiskytkennän ehdot täyttyvät kaikissa asennuksen osissa. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 31.)

Ääritapauksissa voidaan joutua tekemään yksi tai useampi mittausta jokaista sulakekokoa ja -tyyppiä sekä johdintyyppiä ja poikkipinta-alaa kohden, ellei muuten voida olla varmoja, että poiskytkennän ehdot täyttyvät. Näin laaja mittausta on erittäin harvinaista. Isoissakin kohteissa riittää yleensä, että mittauksia tehdään keskuskohtaisesti muutama. Keskuksesta mitattujen arvojen perusteella voidaan myös tulevaisuudessa helposti päätellä, miten mahdolliset lisäykset ja laajennukset voidaan toteuttaa. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 31.)

Käytännössä mittalaitteet mittaavat vikavirtapiiriin impedanssiarvoa nimellisjännitteen arvoa hyväksi käyttäen. Nykyaikaiset käyttöönottomittarit suorittavat automaattisesti tarvittavat laskutoimitukset ilmoittaen saadun mittaustuloksen niin silmukkaimpedanssi- kuin oikosulkuvirta-arvonakin. Saatua oikosulkuvirta-arvoja verrataan suojalaitteiden taulukkoarvoihin. Taulukkoarvo on kyseisen suojalaitteen vaatima oikosulkuvirta-arvo, jolla suojalaite toimii vaaditussa ajassa. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 32.)

TAULUKKO 3. Pienimmät johdinsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 33.)

Nimellis- virta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

TAULUKKO 4. Pienimmät Gg-sulakkeiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 33.)

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

Suojalaitteen toiminta-aika-arvoja on kiinteistön pienjänniteverkossa kaksi, 0,4 ja 5 s. Aika-arvolla ei ole sinänsä merkitystä käytettäessä johdonsuojakatkaisijaa, koska suojalaitteen vaatima oikosulkuvirta-arvo on sama molemmilla aika-arvoilla. Tulppa- ja kahvasulakkeilla tilanne on aivan toinen. Lyhemmän toiminta-ajan saavuttamiseksi tulppa ja kahvasulakkeilla, pitää oikosulkuvirran olla huomattavasti suurempi, kun pidemmällä toiminta-ajalla vaadittava oikosulkuvirta. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 32.)

Syötön automaattisen poiskytkennän vaatimusten mukaisuuden varmistaminen sairaala-IT-verkossa tehdään laskemalla tai mittaamalla ensimmäisen vian aiheuttama vikavirta I_d ääri- tai nollajohtimessa. Mittaus tehdään vain silloin, jos asiaa ei voida selvittää laskemalla, kun kaikkia parametreja ei tunneta. Kun pitää mitata, on tehtävä varotoimenpiteitä kaksoisvian aiheuttaman vaaran välttämiseksi. Kun lääkintä-IT-järjestelmässä tapahtuu ensimmäisen vian jälkeen toinen vika, syötön automaattisen poiskytkennän vaatimukset pitää toteutua kuten TN-järjestelmässä. Tämän vuoksi syötön automaattisen poiskytkennän tarkastus tehdään kuten TN-järjestelmässäkin. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 31) ja (Sähköasennukset 2012, 445.)

4.5 Vikavirtasuojan testaus

Vikavirtasuojan toiminnan testaus on tehtävä jokaiselle vikavirtasuojalle. Ensiksi testataan jokaisen vikavirtasuojan testipainikkeen toiminta. Lisäksi on mittaamalla tarkastettava, että vikavirtasuoja toimii nimellistoimintavirrallaan. Nimellistoimintavirtoja on monia riippuen vikavirtasuojan käyttötarkeituksesta (10 mA, 30 mA, 100 mA, 300mA tai 500mA). (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 34.)

Poiskytkentä aika suositellaan mitattavaksi kaikissa tapauksissa, mutta se on tehtävä aina, kun käytetään aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojia tai olemassa olevien asennusten laajennus- ja muutosten poiskytkentälaitteina, sekä käytettäessä vikavirtasuojaa vikasuojaukseen ja lisäsuojaukseen. Vikavirtasuojakytkimen poiskytkentä aika täytyy olla alle 300ms. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 34.)

Vikavirtasuojakytkimen nimellistoimintavirta suositellaan mitattavaksi nousevalla vikavirralla, eli niin sanotulla ramppitestillä. Ramppitestin avulla saadaan selvitettyä vikavirtasuojakytkimen todellinen toimintavirta. Ramppitestillä varmistetaan myös siitä, ettei vikavirtasuojakytkin ole liian herkkätoiminen. Vikavirtasuojakytkimen toimintavirta tulee olla $\frac{1}{2}$ –1-kertainen nimellistoimintavirtaansa nähden laitestandardin mukaan. Lisäksi voidaan mittaamalla tarkastaa vikavirtasuojakytkimen jälkeisen nollapiirin erillään olo muusta nollapiiristä. Mittaamalla vikavirtasuojakytkimen jälkeisen nollan erillään pysyminen muista nollapiireistä saadaan estettyä vikavirtasuojakytkimen välitön laukeaminen aiheuttomasti vikavirtasuojakytkimen jälkeisiä ryhmiä käyttöön otettaessa. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 34.)

4.6 Napaisuus

Yksinapaisten kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen ei ole sallittua. Standardissa on määritetty tämä asia varmistettavaksi käyttöönottomittauksen yhteydessä. Käytännössä tämä asia on varmistettava kytkinlaitetta asennettaessa. Tällöin tarkastuksen suorittaminen jää kytkinlaitetta asentavan tai häntä valvovan henkilön tehtäväksi. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 34.)

4.7 Kiertosuunnan tarkastaminen

Keskuksista on tarkastettava kiertosuunta mukaan lukien keskukset joista ei lähde yhtään monivaiheista ryhmää. 3~V-pistorasioiden kiertosuunnan tarkastuksiin suositellaan valmiita pistotulpan sisään rakennettuja testilaitteita. Keskuksilta ja muista vastaavista paikoista kiersuunta voidaan tarkastaa helpoiten jännitteenkoettimella. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 34-35.)

4.8 Toiminnalliset kokeet

Lääkintä-IT-järjestelmän eristystilan valvontalaitteiden ja akustisen/optisen hälytysjärjestelmien sekä ylikuormitusvalvontalaitteiden toimintakoe on suoritettava ennen käyttöönottoa. Toimintakoe on myös aina suoritettava muutosten ja korjausten yhteydessä. (Sähköasennukset 2012, 454.)

Tarkastellaan lääkintätilojen sähkönsyötön selektiivisyys niin normaaliverkon, varavoimaverkon, kuin turvajärjestelmien osalta. Testataan lääkintätilojen turvajärjestelmien ja turvatoimintojen toiminta ja kunnossa olo. (Sähköasennukset 2012, 454.)

Kaikille asennetuille laitteille, kuten kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille on tehtävä toiminta testit, jotta varmistutaan, että ne on asennettu ja säädetty oikein niille asetettujen vaatimusten mukaisesti. Suojalaitteille on myös tarpeen mukaan tehtävä toiminnallisia kokeita, jotta voidaan varmis-

tua, että ne on asennettu ja säädetty oikein. Toimintatestillä tarkastetaan myös toiminnalliset kokonaisuuudet. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 35.)

Asennusten on oltava valmiit, jotta nämä kaikki toiminnalliset kokeet voidaan toteuttaa kunnolla. Isoissa kohteissa tämän kohdan toteuttaminen ei ole mikään nopea juttu, vaan siihen on varattava aikaa riittävästi. Reklamaation kautta esiin tulevat toimimattomuudet heti käyttöönottoaiheessa aiheuttavat aina epäilyksiä urakoitsijan ammattitaidosta ja toimivat negatiivisena mainoksena yritykselle. Lisäksi käyttöönotetussa rakennuksessa näiden vikojen ja puutteiden korjaaminen aiheuttaa yleensä suurempia kustannuksia kuin mitä aiemmassa vaiheessa toteutetut korjaus ja muutostyöt olisivat maksaneet. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 35.)

4.9 Jännitteenalenema

Jännitteenalenema ei saisi olla sähköliittymän ja sähkölaitteen välillä suurempi kuin taulukossa 2. on esitetty. Suurempi jännitteenalenema on hyväksyttävää laitteilla, joilla on suuri käynnistysvirta ja moottoreilla käynnistytyn aikana. Kummassakin tapauksessa edellytetään että jännitteen vaihtelut säilyvät arvoissa, jotka on kyseisen laitteen laitestandardissa määritetty. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 35-36.)

TAULUKKO 5. Suurin jännitteenaleneman suuruus sähköliittymän ja sähkölaitteen välillä (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 36.)

Asennuksen tyyppi	Valaistus %	Muu käyttö %
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä ^{a)}	6	8
a) Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyyppille A annettuja arvoja. Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 m ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %. Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvien osien tasoituskertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.		

4.10 Varmennustarkastukset

Kaikille uusille luokkien 1-3 sähkölaitteistoille on tehtävä varmennustarkastus. Sähkölaitteistot on jaettu laajuutensa ja erityisominaisuuksiensa perusteella 3 luokkaan. Varmennustarkastuksia saavat suorittaa valtuutetut tarkastajat ja valtuutetut laitokset, kuitenkin 3a vain valtuutetut laitokset. Varmennustarkastuksen voi suorittaa sähkölaitteiston rakentaja tai rakentamisesta vastaava urakoitsija, jos urakoitsijalla on tähän erikseen myönnetty oikeus. (TUKES 2011.)

Sähkölaitteistoluokituksessa luokitusperusteina on kolmentyyppisiä asioita:

- sähkölaitteisto asuinrakennuksessa (luokka 1a)
- sähkölaitteisto erityistilassa (luokat 1d, 2b, 3a, 3b)
- sähkölaitteistokokonaisuus (luokat 1b, 2c, 2d, 3c). (TUKES 2011.)

KYSin sädehoitosairaala kuuluu luokkaan 2b. Alla määritelmä luokan 2b sähkölaitteistosta:

”Lääkintätilojen sähkölaitteistot niissä sairaaloissa, terveyskeskuksissa ja lääkäriasemilla, joiden leikkaussaleissa ei tehdä yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä (TUKES 2011).”

Sähkölaitteistoluokissa 1 ja 2 voidaan varmennustarkastus suorittaa kolmen kuukauden kuluessa sähkölaitteiston varsinaisesta käyttöönotosta. (TUKES 2011.)

4.11 Mittauspöytäkirjat

Kaikista uusista asennuksista tai olemassa olevan asennuksen laajennuksesta tai muutoksesta on tehtävä käyttöönottopöytäkirja asennuksen valmistuttua. Poikkeuksen muodostaa Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä (KTMp 517/1996) mainitut kohteet, joista ei tarkastuspöytäkirjaa edellytetä, ellei haltija sitä erikseen pyydä. Tästä huolimatta sähkölaitteen rakentajan on kuitenkin järkevää tehdä käyttöönottopöytäkirja tekemänsä työn edellyttämässä laajuudessa ja riittävän tarkasti rajattuna, jotta myöhemmin on mahdollista selvittää mitä kyseinen sähköurakoitsija on tehnyt. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 37.)

Uudessa standardissa on määritetty tarkemmin vaadittavat tiedot kuin ennen, mitä käyttöönottotarkastuksen pöytäkirjan pitää sisältää. Pöytäkirjaan on vaadittu merkittäväksi myös sellaisia tietoja, joita ei ole esitetty aistinvaraisissa tarkastuksissa tai testauksissa. Käyttöönottopöytäkirjan pitäisi lisäksi sisältää tiedot huolto- ja kunnossapito ohjelman tarpeesta ja tieto seuraavan lakisääteisen määräaikaistarkastuksen suoritusajankohdasta. Lisäksi pöytäkirjasta on käytävä ilmi, mitä ratkaisuja on käytetty EMC-direktiivin mukaisten vaatimusten täyttymiseksi. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 37-38.)

Pöytäkirjan allekirjoittaa tai muuten vahvistaa oikeaksi tarkastuksen tekijä tai tekijät. Henkilö tai henkilöt, jotka vastaavat asennuksen turvallisuudesta, rakentamisesta ja tarkastamisesta antavat työn tilaajalle pöytäkirjan, joka kattaa heidän työalueensa. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 38.)

asennuksen tekijä voi ilmoittaa kohteen täyttävän SFS 6000 vaatimukset. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa ei saa olla mainintaa sellaisista vioista tai laiminlyönneistä sähköasennuksesta, joka johtuu sähköasennusten rakentajasta. Esimerkiksi urakkakohteissa tällaiset pöytäkirjasta ilmenevät puutteet voivat johtaa urakkakohteen valmistumisaajan ylittymiseen ja siten pahimmillaan viivästys-sakkoihin. Onkin tärkeää kiinnittää huomiota kohteen sähkötöiden valmistumiseen kaikilta osin ajallaan, muuten voi tulla jälkiseurauksia. (Saastamoinen ja Saarelainen 2012, 37.)

5 TARKASTUKSET KYS:N SÄDEHOITOYKSIKÖSSÄ

Käyttönottotarkastus suoritettiin KYSin sädehoitosairaala. Sädehoitosairaala on kooltaan n. 10 000 m². Sädehoitosairaalan A-osa valmistuu sähköjen osalta maaliskuussa 2015. Tämän opinnäytetyön käyttönottotarkastus suoritettiin kahdessa vierekkäisessä G1 lääkintätilassa. Aikataulusyistä käytännön mittaukset ja tarkastukset suoritettiin tammikuun lopussa 2015. Käyttönottomittaukset suoritettiin kahdessa lääkintätilassa siinä laajuudessa kuin ne tammikuun lopussa oli mahdollista suorittaa.



KUVA 13. Potilaan tutkimuhuone (Soronen 2015.)

Tarkastetut lääkintätilat ovat G1 lääkintätiloja. Kummatkin huoneet ovat tavallisia potilaan tutkimuhuoneita. Nämä hoituhuoneet ovat huoneita, joissa sähkön syötön keskeytys ei aiheuta välitöntä uhkaa potilaan terveydelle. Sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liitäntäosia käytetään ihon ulkopuolisesti tai ihon sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, mutta niin että kyseessä ei ole kuitenkaan ryhmän G2 soveltamisalue. Tämän vuoksi kummassakin huoneessa käytettiin tavallista TN-S-järjestelmää. Lääkintä-IT-järjestelmää käytetään ainoastaan G2 lääkintätiloissa.

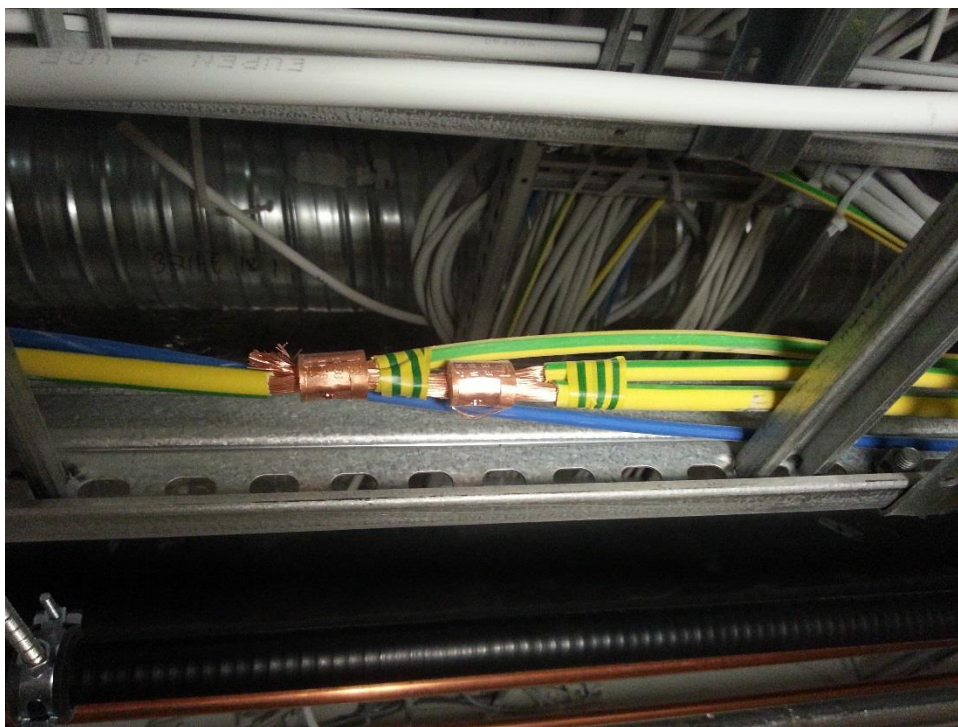
5.1 Aistinvaraiset tarkastukset

Työ aloitettiin aistinvaraisella tarkastuksella, niiltä osin kuin se oli mahdollista. Palosuojaukset oli tehty läpivienteihin. Ryhmäjohtoina on käytetty MMJ-HF-kaapeleita, jotka täyttävät testausstandardien EN 60332-3 (kaapelien nippupoltto), EN 50267 (kaapelimateriaalien halogeenittomuus) ja EN 61034 (vähäinen savunmuodostus) vaatimukset. Kaikki ryhmäjohdot on suojattu yhdistetyllä johdonsuojakatkaisijalla/vikavirtasuojakytkimellä.

Valaistus on syötetty kahdella erillisellä syötöllä, joista toinen on normaaliverkon syöttö ja toinen varavoimaverkon syöttö. Jokaiselle lääkintätilalle ei ollut omaa valaistusryhmää. Valaistus on ryhmitelty niin, että lääkintätiloista kaksi on aina samassa valaistusryhmässä - niin normaaliverkon kuin varavoimaverkon osalta. Kummassakin lääkintätilassa yksi valaisin on kytketty varavoimaverkkoon. Pistorasioita on sijoitettu tasaisesti ja tarkoituksen mukaisesti huoneiden seinille. Huoneissa on hoitoalueella kaksi pistorasiaryhmää, joiden syöttö tuli normaaliverkosta. Yksi pistorasiaryhmä on syötettynä varavoimaverkosta. Lisäksi huoneiden oven vieressä on siivouspistorasia. Kaikille pistorasiaryhmille, lukuun ottamatta siivouspistorasiaryhmää, on tehty lisäpotentiaalintasaus. SEB-kiskolta on vedetty lisäpotentiaalintasausjohdin pistorasiaryhmän jakorasiaille. Näin varmistettiin jatkuvuusmittauksen läpimeno.

Hoitoalueeksi on määritelty koko huone. Uusimassa standardissa hoitoalueen korkeutta ei ole määritelty. KYSissä hoitoalueen katsotaan ylettyvän 2,5 metriin. Näin ollen valaisimet olivat hoitoalueen yläpuolella.

Lääkintätilojen ulkopuolella käytävällä kulki Potentiaalintasausjohdin (25mm^2 Cu), niin sanottu runkojohdin, joka on kytketty syöttävän jakokeskuksen suojakiskoon. Käytävällä kulkeva potentiaalintasausjohdin on silmukan mallinen ja katkeamaton. Tästä potentiaalintasauksen runkojohdosta on C-liittimien avulla otettu ”oksat” jokaisen lääkintätilan SEB-kiskoon. Liitokset eivät saa olla työkalulla irrotettavissa, joten liitokset on toteutettu puristusliitännällä. Kuvasta 14 näkee, miten työ on toteutettu.



KUVA 14. Hoituhuoneiden SEB-kiskoille menevien ”Oksien” liitokset potentiaalintasauksen runkojohdosta (Soronen 2015.)

Lisäpotentiaalintasaus on tehty koko tilassa kaikille hoitoalueen johtaville osille. Johtavia osia olivat johtokanavat, lämmitysjärjestelmä (patterit), pistorasiat, sairaalakaasu- ja paineilmaputkistot, toi-

menpidevalaisin ja puolijohtava lattia. Lisäpotentiaalintasauksia ei ollut tehty käsienpesualtaiden ympäristöön, koska vesijohdot ovat muovisia. Sairaalan vastuullinen johto on katsonut tarpeettomaksi tehdä lisäpotentiaalintasauksia hanakulmien ja vesihanauksen välille sekä pesuaineannostelijoille että metalliselle roskakoritelineelle. Kuvassa 15 näkyy pesualtaan ympäristö. Potentiaalieroja ei katsota syntyvän. Pesualtaan alle on putkitettu varaus lisäpotentiaalintasauksia varten, joten jos myöhemmin nähdään tarpeelliseksi, niin lisäpotentiaalintasaus on helppo toteuttaa.



KUVA 15. Pesualtaan ympäristö (Soronen 2015.)

Kaikki merkinnät olivat toteutettu oikein, lukuun ottamatta MEB-kiskoon jakokeskuksen suojakiskosta tulevaa potentiaalintasausjohtinta, jossa ei ollut minkäänlaista merkintää. Potentiaalintasauksikseen liitetyt lisäpotentiaalintasausjohtimet on kuitenkin merkattu. Varavoimaverkossa olevat pistorasit ja valaisimet on merkattu sinisellä tarralla. Näin henkilökunta huomaa ne helposti.

Toinen lääkintätiloista on sähköasennusten osalta täysin valmis. Toisessa lääkintätilassa on vielä asennuksissa puutteita. Tästä lääkintätilasta puuttui toimenpidevalaisin sekä kattopistorasioita. Aistinvaraisessa tarkastuksessa valmiin huoneen osalta en havainnut puutteita, paitsi lisäpotentiaalintasausjohtimesta puuttuvaa merkintää.

5.2 Mittaukset

Mittaukset aloitettiin suojajohtimen jatkuvuusmittauksella. KYS vaatii noudattamaan jatkuvuusmittauksissa lääkintätilaryhmän G1 tiloissa samoja mittausvaatimuksia kuin lääkintätilaryhmän G2 tiloissa. Standardi ei tätä vaadi, mutta tämä on KYSin oma käytäntö.

Lisäpotentiaalintasaukseen yhdistettyjen metalliosien potentiaalintasauksen mittauksessa absoluuttisella mittausmenetelmällä piti irrottaa SEB-kiskon tuleva potentiaalintasausjohtin. Näin varmistuttiin



KUVA 17. Puolijohtavan lattian mittaukseen käytetty kolmijalka (Soronen 2015.)

Oikosulkuvirta mitattiin huoneen kaukaisimmasta normaaliverkon pistorasiasta ja sen tulos oli 341 A, ja silmukkaimpedanssi oli 0,69 Ω . Ryhmää suojasi 16 A C-käyrän johdonsuojakatkaisija/vikavirtasuojakytkin. Pienin sallittu mitattu arvo 16 ampeerin C-käyrän johdonsuojakatkaisijalle on 200 ampeeria. Mitattu oikosulkuvirta oli huomattavasti suurempi, joten syötön automaattisen poiskytkennän ehdot täyttyivät. Oikosulkuvirtaa ei saatu mitattua varavoimaverkon pistorasioista, koska niihin ei voinut kytkeä sähköä.

Vikavirtasuojakytkimien testaus tehtiin kaikkiin ryhmiin, mihin se oli mahdollista. Ensimmäiseksi testattiin kaikkien vikavirtasuojien testipainikkeen toiminta. Vikavirtasuojista mitattiin nimellistoimintavirta sekä poiskytkentä aika. Vikavirtasuojien nimellistoimintavirta mitattiin nousevalla vikavirralla eli niin sanotulla ramppitestillä. Mitatut vikavirtasuojakytkimet toimivat oikein ja täyttivät niille asetetut vaatimukset.

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä on kaksi osaa. Opinnäytetyön ensimmäinen osa on teoriaosa, jossa käsitellään sähkötekniisiä ratkaisuja ja käyttöönottotarkastuksia sairaalaympäristössä. Opinnäytetyön käytännön osuus suoritettiin KYSin sädehoitosairaalassa. Käytännön osuudessa tarkastettiin kaksi lääkintätilaa aistinvaraisesti ja tehtiin käyttöönottotarkastukset niiltä osin kuin se oli mahdollista.

Teoriaosassa käytiin ensin läpi lääkintätiloihin liittyvät määritelmät. Sitten käsiteltiin eri lääkintätilaluokat, perusteet kullekin lääkintätilaluokalle, lääkintätilojen sähköjärjestelmät ja niiden määräykset sekä standardit. Teoriaosassa käsiteltiin myös sairaalaympäristön suojauksia, potentiaalintasauksia ja maadoituksia. Teoriaosan viimeisessä kappaleessa käsiteltiin käyttöönottomittaukset sairaalaympäristössä. Opinnäytetyö käy ohjeeksi käyttöönottomittauksiin myös muualla kuin sairaalaympäristössä.

Teoria osassa on käsitelty myös lääkintätilojen sähköasennuksille ja tarkastuksille annettuja erikoismääräyksiä. Käyttöönottotarkastukset sairaalaympäristössä tehdään perusperiaatteeltaan standardin 6000-6 luvun 61 määräyksien mukaan. Lääkintätilojen käyttöönottotarkastuksille on erikoisvaatimuksia, jotka koskevat lähinnä lääkintä-IT-järjestelmää, potentiaalintasausjärjestelmää ja turvajärjestelmän syöttöihin liittyviä tarkastuksia ja mittauksia. Standardi 6000-7-710 lääkintätilat antaa lisämääräyksiä käyttöönottotarkastuksiin. Varavoimajärjestelmät rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle ja niitä ei tässä opinnäytetyössä paljoa käsitellä.

Uutena asiana tuli potentiaalintasaus- ja maadoitusmittaukset 10 ampeerin virralla. Lääkintätiloissa $0,2 \Omega$ potentiaalintasausmittaus suoritettiin huoneessa sijaitsevan SEB-kiskon ja pistorasioiden tai kiinteästi asennettujen laitteiden suojaliittimien tai muiden johtavien osien välillä. Maadoitusmittaus jakokeskuksen PE-kiskosta tehtiin vain valaistukselle ja SEB-kiskolle.

Sairaalaympäristössä on erityispiirteitä ja se on haasteellinen kohde sähköasennusten osalta, sillä potilasturvallisuus on taattava kaikissa olosuhteissa. Sairaalan lääkintätilat ovat aina ainakin osaksi varmennetun verkon takana, lääkintälaitteiden ja lääkintälaittejärjestelmien on toimittava, vaikka valtakunnan verkosta häviäisikin sähkö.

Potentiaalintasauksella pienennetään samanaikaisesti kosketeltavien johtavien osien välisiä potentiaalieroja eli jännitteitä. Tarkoituksena on saavuttaa tasapotentiaali kaikkien johtavien osien välillä. Tiukempien vaatimusten syynä on potilasturvallisuuden takaaminen sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita käytettäessä.

Tehohoidossa ja leikkaussaleissa käytetään Sairaala-IT-verkkoa, koska sillä on suuri toimintavarmuus. Sairaala-IT-verkossa ensimmäinen vika / oikosulku ei aiheuta käyttökatkosta. Vika täytyy kuitenkin ilmaista akustisin ja optisin hälytyslaittein. Ryhmän G2 lääkintätiloissa käytetään lääkintä-IT-

järjestelmää sellaisten lääkintälaitteiden syötöissä, joiden liitännäosia on tarkoitus käyttää sellaisiin sovelluksiin, joissa sähkön syötön katkeaminen aiheuttaa tai voi aiheuttaa kuoleman.

LÄHTEET

Intertrafo Oy. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 21.11.2014] Saatavissa:

<http://www.intertrafo.fi/muuntaja/kaksikaamimuuntaja/suojajannitemuuntaja>

NURMI Tapani 2012. Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset, ST-kortti 53,21. Espoo: Sähköinfo Oy.

SAASTAMOINEN, Arto ja SAARELAINEN, Kimmo 2012. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. ST-käsikirja 33. Espoo: Sähkötieto ry.

SÄHKÖALA 2014. Standardit. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 23.9.2014] Saatavissa: [rayk-set/fi_FI/standardithttp://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/teknisetmaa/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/teknisetmaa/)

SÄHKÖASENNUKSET 2012. Osa 1:SFS 6000 pienjännitesähköasennukset. SFS-käsikirja 600-1. Vahvistettu 2012. Sesko ry. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.

SÄHKÖTURVALLISUUS SATA VUOTTA. TUKES, turvatekniikan keskus. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 23.9.2014] Saatavissa: www.tukes.fi/sahkoturvallisuus100/sts100/sahkon_turvallisuus.html

SÄISÄ Timo T.2013a. Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. ST-kortti 51,79. Espoo: Sähkötieto ry.

SÄISÄ Timo T.2013b. Pienjänniteasennukset KYSSä. Standardin sovellusohje KYSiin. Julkaisija Timo Säisä, Kuopio. Teos ei julkinen.

SÄISÄ Timo T.2014.Lääkintätilojen määräaikaismittaukset KYSSä SFS 6000-7-710,2012-08-13-painoksen mukaisesti. Kuopio: Timo Säisä. Teos ei julkinen.

TIAINEN Esa T. 2012. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry

TUKES, turvatekniikan keskus, S4-11 sähkölaitteistot ja käytönjohtajat. [Verkkojulkaisu] [Viitattu 17.11.2014] Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/1Sahko-ja-hissit/S4-11-Sahkolaitteistot-ja-kaytonjohtajat/>



ANTISTAATTISEN LATTIAN MITTAUS

Kohde: _____ **Osoite:** _____

Osoite: _____ **Proj. nro:** _____

Proj.nro: _____

[illegible]

Mittalaite: _____

(Nimi, järeftystnumero)

Mitta uksen suorittaja: _____ / _____ 201_____